<36634825510017

<36634825510017

Bayer. Staatsbibliothek

m

4° Phys. g. 105° (1,3

R

POTENZEN

LUDWIG von SCHMIDT, genannt PHISELDECK

DRITTER BAND

SYSTEMATISCHE DARSTELLUNG

ALLER

ERFAHRUNGEN

IN DER

NATURLEHRE

ENTWORFEN

VON

JOHANN RUDOLPH MEYER DEM JÜNGERN

BEARBEITET

VON

MEHREREN GELEHRTEN.

> Multum adhuc restat operis, multumque restabit: nec ulli nato post mille secula præcludetur occasio, aliquid adhuc adjiciendi.
>
> L. A. Senec. Epist. 65.

ERSTEN THEILES DRITTER BAND.

ARAU 1808.

IN COMMISSION BEI HEINRICH REMIGIUS SAUERLÄNDER.

SYSTEMATISCHE DARSTELLUNG

ALLER

ERFAHRUNGEN

ÜBER

ALLGEMEINER VERBREITETE

POTENZEN

VON

LUDWIG VON SCHMIDT, GENANNT PHISELDECK

DER ARZNEIKUNDE DOCTOR, DER KORRESPONDIRENDEN GESELLSCHAFT SCHWEIZER-ÄRZTE UND WUNDÄRZTE ZU ZÜRICH, DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT DASELBST, UND DER HERZOGL. MINERALOGISCHEN SOCIETÄT ZU JENA EHRENMITGLIED, UND DER LETZTERN ORDENTLICHEN AUSWÄRTIGEN ASSESSOR.

DRITTER BAND

MIT NEUN KUPFERTAFELN VON XVIII BIS XXVII.

ARAU 1808.

IN COMMISSION BEI HEINRICH REMIGIUS SAUERLÄNDER.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

VORERINNERUNGEN
ZUM
DRITTEN BANDE.

Herrn *Meyers* Absicht, den einzelnen Bänden seines Werks ein beim Gebrauch bequemes und so viel als möglich nahe gleiches Volumen zu geben, verstattete mir nicht von dem Artikel Luft und Wasser mehr als das eigentlich mechanische, auf gegenseitigen Druck sich gründende, Verhalten aufzunehmen, alles aber, was unter demselben auf Mischung beruht, für die Folge zu versparen. Nun soll zwar vorerst eine Pause in der Herausgabe des Werks gemacht werden; indessen schadet diese der zeitigen Brauchbarkeit dieses Bandes keineswegs, da das Mechanische des Artikels Luft und Wasser mit dem Chemischen nicht so nahe verwandt ist, dafs nicht beide ohne Schaden einzeln benutzt werden könnten.

Was die erwähnte Pause betrift, so liegt der Grund derselben einzig in dem Streben, dem Werke eine immer gröfsere Vollständigkeit zu geben. Es fehlten uns nemlich bisher noch mehrere Hauptquellen; diese sind jetzt theils schon zur Stelle geschaft, theils erwarten wir sie; ihr Ausziehen erfordert aber wieder einige von der Sorge für die Bearbeitung des Werks selbst freie Mufse, deren nothwendige Dauer ich hier noch nicht gewifs bestimmen kann, auch deshalb zu bestimmen nicht für nöthig erachte, weil Herr *Meyer* nächstens

selbst dem Publikum die Gründe für die Unterbrechung und einen Plan der Bearbeitung detaillirter als er bisher gegeben ist, in einer eignen kleinen Druckschrift mittheilen wird, welche jedem, der einen Theil des Werks anschafft, umsonst mitgegeben wird.

Nur das will ich hier noch hinzufügen, dafs dieser Band durch Umstände, zu denen ich nicht die Veranlassung gegeben, länger als ein Jahr unter der Presse gelegen hat, womit man den etwanigen Mangel einiger neuern Erfahrungen gütigst entschuldigen wolle.

Dr. v. Schmidt, gen. Phiseldeck.

selbst dem Publikum die Gründe für die Unterbrechung und einen Plan der Bearbeitung detaillirter als er bisher gegeben ist, in einer eigenen kleinen Druckschrift mittheilen wird, welche jedem, der einen Theil des Werks anschaft, umsonst mitgegeben wird.

Nur das will ich hier noch hinzufügen, daſs dieser Band durch Umstände, zu denen ich nicht die Veranlaſsung gegeben, länger als ein Jahr unter der Presse gelegen hat, womit man den etwanigen Mangel einiger neuern Erfahrungen gütigst entschuldigen wolle.

Dr. v. Schmidt, gen. *Phiseldeck.*

SPECIELLE

INHALTSANZEIGE

FÜR

DES ERSTEN THEILES DRITTEN BAND.

	Seite.
Atmosphärische Luft und Licht	1 — 31
Photometer	4 — 13
Geschichte der Strahlenbrechung	19 — 20
Climatologie . . .	32 — 42
Atmosphärische Luft und Wärme . . .	42 — 42
α) Ausdehnung der Luft	42 — 87
Aërostat . . .	87 — 104
β) Leitung der Wärme durch die Luft . . .	105 — 138
γ) Innere Veränderung der Luft durch Wärme . . .	138 — 140
δ) Einfluſs der Wärme der Luft auf den Schall in derselben	140 — 142
Atmosphärische Luft, Licht und Wärme	142 — 213
α) Unbestimmtere Aussprüche	142 — 143
β) Ausbreitung der Flamme in der Luft . . .	143 — 146
γ) Chemische Veränderungen	146 — 179
Geschichte des Blasrohrs	172 — 213

	Seite
Atmosphärische Luft und Elektricität . .	213 — 296
Affinität . . .	213
Leitung der Elektricität durch Luft	214 — 217
Elektrisiren der Luft durch Mittheilung . . .	217 — 233
Einfluſs der verschiedenen Dichtigkeit der Luft auf die elektrischen Phänomene .	233 — 266
Wirkung der Elektricität auf Mischung der Luft .	266 — 274
Donnerwetter . .	274 — 296
Atmosphärische Luft, Elektricität und Wärme . .	296 — 297
Atmosphärische Luft und Galvanismus .	297 — 303
Leitung	297
Mischungsveränderung .	297 — 303
Atmosphärische Luft und Magnetismus .	203 — 304

Seite.
Atmosphärische Luft und Sauerstoffgas . 305—312
Atmosphärische Luft, Sauerstoffgas und Elektricität . 305—312
Atmosphärische Luft und Wasserstoffgas . 312—366
Aerostatische Phänomene 312—313
Mischungsveränderungen 313—315
Atmosphärische Luft, Wasserstoffgas und Wärme . 315
Atmosphärische Luft, Wasserstoffgas, Glühfeuer 315—366
Licht und Schall bei der Entzündung 315—330
Volumsverminderung . 330—333
Harmonikaton bei künstlicher Vorrichtung . . 333—341
Was nach dem Verbrennen anzutreffen . . . 341—351

Seite.
Es ist Wasser hervorgebracht 341—346
Ob Säure hervorgebracht wird 346—349
Es bleibt Stickgas zurück 349—351
Apparate zu den Entzündungsversuchen . . . 357—366
Atmosphärische Luft und Wasser 366—Ende
1) Atmosphärische Luft u. Eis 366—368
2) Atmosphärische Luft und flüssiges Wasser (in diesem Bande nur, wie sie mechanisch auf einander wirken) . . 368—Ende
Saugwerk . . . 369—376
Wirzsche Spiralpumpe 376—490
Springbrunnen . . 490—493
Dampfmaschine. . 493—525
Stoſsheber . . . 525—624

ERSTER THEIL.

DER ERFAHRUNGEN ÜBER ALLGEMEINER

VERBREITETE POTENZEN

ZWEITEN BANDES ZWEITE ABTHEILUNG.

Dritter Band

Atmosphärische Luft und Licht.

Crusius sagt, (in s. Anleitung über natürliche Begebenheiten ordentlich und vorsichtig nachzudenken, B. III, Leipzig 1749, p. 788) die Luft verhindere das Sehen nicht, lasse folglich das Licht durch. *Newton* führt an, (*Optic. Lib. I, P. II, Prop. X, problem.* 5) daſs dünne Schichten Luft, welche bei durchgehendem Lichte eine aus Roth und Violett gemischte Farbe zeigen, bei zurückgeworfenem Lichte grün zu sein scheinen. *Sennebier* bemerkt, (Physik. chemische Abhandl. über den Einfluſs des Sonnenlichts u. s. w.; aus dem Franz. Leipzig 1785, p. 127) die Luft lasse das Licht zum Theil durchfallen. *Gren* führt an, (Grundriſs der Naturlehre, Halle 1793, p. 858) die Luft der Atmosphäre lasse zwar das mehrste weiſse Licht hindurch, reflectire aber doch auch zugleich blaues Licht, und sehe eben deswegen in diesem reflectirten Lichte blau aus. 1) *Eduard Hussey Delaval* bemerkt, (Physik. und philosoph. Abhandl. der Gesellschaft der Wissenschaften zu Manchester, Th. II, aus dem Englisch. Leipzig 1788, p. 126) die blaue Farbe des Himmels entstehe nicht durch Zurückwerfung der Strahlen von der Atmosphäre, in so fern als diese eine gleichförmig verbreitete Masse ist. Die Atmosphäre werfe kein gefärbtes Licht von ihrer Oberfläche zurück. Wenn man z. B. die in einem Zimmer oder freien Platz enthaltene Luft durch ein Glasfenster betrachte, so werfe die Oberfläche der Atmosphäre zunächst am Glase kein gefärbtes Licht zurück, sondern erscheine ganz durchsichtig und farblos; die Luft enthalte aber eine Menge fremder Theile, die zwar einzeln genommen gänzlich oder beinahe unsichtbar und unmerklich seien, aber wo sie in Menge beisammen seien, das Licht allerdings so, daſs eine sichtbare Wirkung daher entstehe, zurück werfen können. Lasse man einen Lichtstral durch ein enges Loch in ein finsteres Zimmer dringen, so zeige die erleuchtete Luft eine unzählbare Menge schwimmender Stäubchen,

1) *Man vergleiche hier was unter den Eigenschaften der Luft über ihre Farbe gesagt ist.*

welche auf allen Seiten ein lebhaftes weifses Licht zurück werfen. Die weniger brechbaren Strahlen werden durch die Atmosphäre nach ihm hindurch gelassen, und geben eine rothe oder pommeranzengelbe Farbe, da hingegen die in höhern Grade brechbaren Strahlen zurück gehalten, und zurückgeworfen werden, und die blaue Farbe bewirken sollen. *Fischer* sagt: (physik. Wörterb. B. I, p. 743) die Luft sei der durchsichtigste Körper, den wir kennen, indessen werde doch das Licht durch die Luft in der Ferne geschwächt, und die Luft selbst dadurch in grofsen Massen einigermafsen sichtbar.

Rumford gab sich viele Mühe zu untersuchen, wie grofs der Widerstand sei, den das Licht beim Durchgange durch die Luft zu überwinden habe. Er fand, dafs die Durchsichtigkeit der Luft grofs genug sei, dafs die Verminderung, welche das nur wenige Zoll oder selbst nur mehrere Fufs durch sie hindurch gehende Luft erleide, nicht bemerkt werden könne. Da er durch wiederholte Proben gefunden hatte, dafs das Licht einer reinlich gepuzten Lampe ohne Vergleich mehr gleichförmig bleibe, als das eines Kerzenlichts, dessen Schnuppe, da sie beständig länger wird, die Flamme erstaunlich schwankend macht, so brauchte er bei diesen Versuchen statt Kerzenlicht lauter Lampen. Er hatte sich mit zwei Lampen versehen, wovon die eine eine Argandsche war, welche er mit dem gröfstmöglichen Glanze brennen liefs; die andere eine kleine gewöhnliche, mit einem einfachen runden sehr kleinen Dochte, welche, da sie mit einer hellen ruhigen und gleichförmigen Flamme brannte, und keinen bemerkbaren Rufs oder Dampf hinter sich liefs, um ohngefähr $\frac{1}{25}$ Theil so viel Licht, als die Argandsche Lampe ausstrahlte. Diese Lampen werden einander gegenüber vor das Feld seines Photometer *) gestellt, wo sich dann ihre Lichter

*) Dieses ist ein Instrument, welches dazu dient, das Verhältnifs zwischen der Stärke verschiedener Lichtquellen auszumitteln. Seine Einrichtung gründet sich darauf, 1) dafs die auf einen erhelleten Gegenstand geworfenen Schatten unter übrigens gleichen Umständen desto dichter sind, je stärker die Lichtquelle ist; 2) dafs die Intensität des Lichts sich umgekehrt verhält, wie das Quadrat der Entfernung der Lichtquelle vom erleuchteten Gegenstande. Man vergleiche hiemit das S. 4 und 5 des ersten Bandes in der Anmerkung Gesagte. Die von ihm anfangs getroffene Einrichtung zur Messung des Lichts ist an dem eben angeführten Orte beschrieben; hernach veränderte er dieselbe dahin, dafs zuerst die Schatten, an Statt auf einen an der Wand ausgespannten Bogen Papier zu fallen, auf die innere Seite des Hintertheils eines hölzernen Kastens von $7\frac{1}{4}$ Zoll Weite, $10\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $3\frac{1}{4}$ Zoll Tiefe geworfen wurden, der vorn offen ist, um das Licht einfallen zu lassen, an der innern Seite aber überall schwarz ange-

im Gleichgewichte befanden, wenn das kleine in einer Entfernung von 20 Zoll im Mittelpunkte dieses Feldes, das gröfsere aber in einer Entfernung von 101 Zoll gestellt wurde. R. schlofs jetzt, dafs, wenn das kleinere Licht bis auf

strichen worden, ausgenommen an der hintern Seite, wo das weifse Papier, das den Schatten auffangen sollte, befestigt war. An dem untern Theile dieses Kastens ist eine Kugel und eine Fassung angebracht, die an ein Gestell befestigt wird, um das Ganze zu tragen; und der obere Theil, oder der Deckel ist mit Angeln versehen, damit der Kasten immer geöffnet werden könne, wenn es nöthig ist, irgend einen Theil, den er befafst, zu ändern. Der vordere Theil des Kastens ist ebenfalls mit einem Thürchen versehen, wodurch er dann an dieser Seite verschlossen werden kann, wenn man ihn nicht mehr gebrauchen will. Da er es schwer fand, zwei durch denselben Cylinder geworfene Schatten zu vergleichen, weil diese entweder zu weit von einander waren, um mit Genauigkeit und Sicherheit verglichen werden zu können, oder wenn sie näher bei einander standen, zum Theil durch den Cylinder bedeckt wurden, so bediente er sich nachher, um diese Unbequemlichkeit zu vermeiden, zweier Cylinder; diese werden perpendikulär in den Boden des eben beschriebenen Kastens in einer dem Hintertheile desselben parallel laufenden Linie befestigt, ohngefähr $2\frac{2}{10}$ Zoll von dieser Rückwand, und 3 Zoll von einander, (nach dem Mittelpunkte der Cylinder gemessen) entfernt. Wenn nun die beiden zum Versuche anzuwendenden Lichter richtig gestellt sind, so werfen diese beiden Cylinder 4 Schatten auf das weifse Papier an der innern Seite der Hinterwand des Kastens, dem Felde des Photometer, wo dann immer zwei von diesen Schatten genau in der Mitte dieses Feldes sich einander berühren; auf diese beiden wird aber allein Rücksicht genommen. Um zu verhüten, dafs die Aufmerksamkeit nicht durch die Gegenwart unnöthiger Gegenstände zerstreut werde, ist dafür gesorgt, dafs die beiden äufsern Schatten nicht sichtbar werden, welches dadurch bewirkt wird, dafs man das Feld des Instruments so klein macht, dafs sie aufserhalb desselben auf eine geschwärzte Fläche fallen. Wenn jeder der Cylinder $\frac{4}{10}$ Zoll im Durchmesser und $2\frac{2}{10}$ Zoll Höhe hat, so ist es völlig hinreichend, wenn man das Feld $2\frac{1}{10}$ Zoll weit macht, und nicht höher, als $\frac{1}{10}$ eines Zolles über das obere Ende der Cylinder hinausgehen läfst. Um die Lichter bequem und mit Genauigkeit stellen zu können, ist eine schwarze Linie mitten durch das Feld, von oben nach unten gezogen, und eine andere (horizontale) Linie mit jener im rechten Winkel an der obern Spitze des Cylinders hin. Wenn die obern Ränder der Schatten diese eben angeführte Linie berühren,

40 Zoll entfernt würde, die Nothwendigkeit eintreten müsse, um das Gleichgewicht des Lichtes, oder die Gleichheit des Schattens im Felde des Photometers wieder herzustellen, das gröfsere Licht bis auf 202 Zoll zu entfernen; das

so befinden sich die Lichter in der rechten Höhe; und wenn ferner sich die Schatten in der Mitte des Feldes berühren, so stehen die Lichter auch in der rechten Richtung. Bei seinem neu verbesserten Instrumente ist das weifse Papier, welches das Feld bildet, nicht unmittelbar an der innern Seite des Hintertheils des Kastens befestigt, sondern auf eine dünne Scheibe von sehr feinem Glase gekleistert, und dieses so bedeckte Glas wird in einer Rinne niedergelassen, die zu diesem Ende in dem Kasten angebracht ist. Dieses überzogene Glas ist sechstehalb Zoll lang und so breit, als der Kasten tief ist, das heifst $3\frac{1}{4}$ Zoll, allein das Feld des Instrumentes selbst ist auf seine eigenthümliche Gröfse durch einen Schirm reducirt, der von schwarzer Pappe verfertigt, und vor die vordere Fläche dieses bedeckten Glases gesetzt wird, wo er dann unmittelbar auf demselben aufliegt. Ein Ausschnitt in diesem Pappdeckel, in der Form eines länglichten Viereckes, $1\frac{7}{10}$ Zoll breit und 2 Zoll hoch, bestimmt die Dimensionen, und bildet die Grenzen des Feldes. Dieser Schirm mufs grofs genug verfertigt werden, um die ganz innere Seite des Hintertheiles des Kastens zu bedecken, und er kann an seinem Platze mittelst Fugen zu den Seiten des Kastens befestigt werden, in welchen man ihn so passen mufs, dafs er eingeschoben werden kann. Die Stellung der oben erwähnten Oeffnung wird durch die Höhe der Cylinder bestimmt, und der obere Rand mufs alsdann um $\frac{3}{10}$ eines Zolls höher, als die obern Ränder der Cylinder gemacht werden. Da nun die Höhe derselben nur 2 Zoll, hingegen die der Cylinder $2\frac{2}{10}$ Zoll beträgt, so ist begreiflich, dafs die Schatten der untern Theile der Cylinder nicht in das Feld hinein fallen. Aus diesem Umstande entstehen aber durchaus gar keine Unbequemlichkeiten; im Gegentheile kann man mehrere Vortheile aus einer solchen Einrichtung ziehen.

Statt des eben beschriebenen Schirmes bedient sich *Rumford* auch bisweilen eines andern, der von jenem blos darin verschieden ist, dafs der Ausschnitt in ihm, welcher die Gestalt und Dimensionen des Feldes bestimmt, an Statt viereckt zu sein, rund ist, und $1\frac{6}{10}$ Zoll im Durchmesser hat. Wenn er sich dieses Schirmes bedient, werden die Schatten in der Weite auf eine gleich nachher zu beschreibende Weise vergröfsert, so, dafs sie das Feld völlig ausfüllen, und in der Gestalt von 2 Halbkugeln oder vielmehr halben Scheiben erscheinen, die sich einander in einer vertikalen Linie berühren. Weil die Schatten der Cylinder um etwas veranderlich sind, je

heifst, wenn die Verminderung von Licht, die aus der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Luft entsteht, innerhalb der Grenzen dieser Entfernung nicht bemerklich wäre. Fände sich indessen bei wiederholten Proben, dafs das Gleich-

nachdem die Lichter gröfser oder kleiner sind, und dem Photometer näher gebracht oder davon wieder entfernt werden, so hat *Rumford*, um die Schatten jederzeit auf gleiche Durchmesser zu bringen, welches sehr vortheilhaft ist, wie er aus seinen Erfahrungen bezeugt, weil man dann mit gröfserer Leichtigkeit und Gewifsheit urtheilen kann, wann beide Schatten eine gleiche Dichtigkeit besitzen, die Cylinder beweglich um ihre Axen gemacht, und jedem einen vertikalen Flügel von $\frac{11}{16}$ eines Zolles Breite, und $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke gegeben, der mit dem Cylinder gleiche Höhe hat, und seiner ganzen Länge nach genau an ihn befestigt ist. Dieser Flügel liegt gewöhnlich in der Mitte des Schattens des Cylinders, und hat, so lange er in dieser Richtung liegt, durchaus keinen Nutzen irgend einer Art; sobald es indessen nöthig wird, den Durchmesser eines dieser Schatten zu vergröfsern, so wird der diesem correspondirende Cylinder so weit um seine Axe bewegt, bis der eben beschriebene Flügel aus dem Schatten heraus tritt, und den auf dem Felde des Instruments abgebildeten Schatten auf die rechte Gröfse des verlangten Durchmessers bringt. Bei dieser Operation ist es immer nothwendig, den Cylinder nach aussen, oder so zu drehen, dafs die Vergröfserung in der Breite des Schattens an der Seite desselben Statt finde, welcher der korrespondirende Schatten des andern Lichts entgegengesetzt ist. Die Nothwendigkeit dieser Vorsicht ist um so deutlicher, je richtiger die Idee von dem Instrumente, und der Art, dasselbe zu gebrauchen ist. Mittelst dieser an die Cylinder befestigten Flügel wird nun die Breite der Schatten so vergröfsert, dafs sie das ganze Feld des Photometers ausfüllen, wenn man den Schirm mit der zirkelrunden Oeffnung nimmt. Da die untern Ecken der Cylinder, welche durch Löcher gehen, die in den Boden des Kastens gemacht worden sind, um sie aufzunehmen, ohngefähr $\frac{1}{8}$ Zoll kleiner im Durchmesser sind, als die obern Theile, welche die Schatten werfen, und da sie nicht allein ganz durch den Boden des Kastens (welcher Boden einen Zoll dick ist) gehen, sondern auch fast einen Zoll noch über die äufsere Seite dieses Bodens hinaus ragen, und da endlich die Cylinder auch nicht enge in diese Löcher einpassen, so ist es leicht, sie, weil sie unter den Kasten hinausragen, um ihre Axen zu drehen, selbst ohne dafs derselbe geöffnet zu werden braucht. Oben wurde gesagt, dafs der vertikale Flügel, der an jedem Cylinder befestigt ist, der Höhe dieses Cylinders gleich komme: — dieses mufs nicht so verstanden werden, als ob

gewicht schon wieder hergestellt würde, ehe das gröſsere Licht noch auf die Entfernung von 202 Zollen gekommen, so glaubt *Rumford* schlieſsen zu dürfen.

die völlige Länge der Cylinder gemeint wäre, den Theil derselben mit eingerechnet, der in und durch das Loch am Boden des Kastens geht; sondern der Flügel ist blos an dem Theile des Cylinders, der überhalb des Bodens des Kastens hinausragt, oder am obern Stücke, im Kasten befestigt. Da es absolut nothwendig ist, daſs die Cylinder immer senkrecht auf dem Boden des Kastens oder parallel mit einander stehen, so empfiehlt *Rumford* sie von Messing zu verfertigen, und an Statt sie unmittelbar am Boden des Kastens (der, da er von Holz ist, sich werfen könnte) zu befestigen, sie in einem starken Stücke von geschlagenem Messingblech fest zu machen, welches nachher mit dem Boden des Kastens durch eine starke Schraube verbunden werden kann. Um die Cylinder noch stärker in ihrer senkrechten Lage zu befestigen, sind sie da, wo sie auf der Messingplatte ruhen, mit breiten flachen Ringen, oder vorstehenden Rändern versehen. Diese Ringe sind $\frac{1}{10}$ Zoll dick, und im Durchmesser dem vorstehenden Flügel des Cylinders gleich, dessen unterem Ende sie einen Ruhpunkt verschaffen. Diese Cylinder sind auch noch stark gegen die Metallplatte. auf der sie ruhen, mittelst zusammen gedrückter Spiralfedern angepreſst, welche sich zwischen der Unterseite dieser Platte, und dem untern Ende der Cylinder befinden. Von welchem Stoffe auch die Cylinder verfertigt werden, und was für Gestalten und Dimensionen sie immer haben mögen, so ist es doch absolut nothwendig, daſs sie, so gut wie jeder andere Theil des Photometer, das Feld allein ausgenommen, über und über dunkelschwarz, von der allertiefsten Färbung, angestrichen sein. Dies, und dies allein, verhütet die Unbequemlichkeiten, welche sonst aus der Reflextion von Licht, und der Gegenwart zu vieler sichtbarer Gegenstände entspringen würden. Um die Lichter mit gröſserer Leichtigkeit und Genauigkeit nach dem Photometer hin, und von demselben weg, bewegen zu können, sorgte *Rumford* für zwei lange und schmale, aber sehr starke und feste Bretter (Lineale), wo bei jedem in der Mitte sich eine gerade Rinne befindet, in welcher ein Schieber, auf den man das Licht stellt, mittelst einer Saite gezogen wird, die vorn und hinten an ihn befestigt ist. Diese Schnur geht an jedem der beiden Enden des Lineales über Rollen, und dann um einem Cylinder herum, der mit einer Winde versehen, und an der Seite des Lineales, die nach dem Photometer zugeht, so angebracht ist, daſs sie der Beobachter umdrehen kann, ohne seine Augen von dem Felde des Instruments

dürfen, daſs man diesen Effect der unvollkommenen Durchsichtigkeit zuschreiben müsse. Denn wenn gleich das Licht der kleinern Lampe mit der Zeit so gut wie das der gröſsern vermindert werden würde, so sei doch aus dem Um-

ments wegwenden zu müssen. Diese Bretter, welche 10 Zoll breit, und 35 Zoll hoch sind, das eine aber 12 Fuſs, das andere 20 Fuſs in der Länge hat, werden in einem Winkel von 60° auseinander, auf solche Weise zum Photometer gestellt, daſs eine durch ihre Mitte der Direktion ihrer Länge nach gezogene Linie genau in den Punkt trift, der sich unter der Mitte der Vertikalfläche oder dem Felde des Photometers befindet, und von diesem Punkte aus werden die Entfernungen der Lichter ausgemessen; die Seiten der Bretter sind in englische Zolle getheilt, und ein Vernier, der die Zehntheile der Zolle zeigt, ist an jedem Schieber befestigt, auf welchen die Lichter gesetzt werden. Diese Schieber sind so eingerichtet, daſs sie nach Belieben erhöht oder tiefer gestellt werden können, welches durchaus nothwendig ist, wenn die Lichter immer in gleicher Höhe stehen sollen, das heiſst, daſs sie in einerlei horizontaler Fläche mit den obern Theilen der Cylinder des Photometers stehen. Damit die beiden langen und schmalen Bretter oder Plattformen, die eben beschrieben sind, und auf denen sich die Lichter bewegen, in ihrer rechten Lage unbeweglich bleiben, sind sie beide sehr fest an einen sehr starken Fuſs befestigt, der das Photometer trägt. Damit die Bewegung der Schieber, welche die Lichter tragen, so leicht und sanft, als möglich sei, sind diese so eingerichtet, daſs sie auf parallelen Metalldrähten, die neun Zoll von einander stehen, und $\frac{1}{16}$ Zoll im Durchmesser haben, dabei aber auch gut polirt sind, weggleiten, welche auf den Brettern von einem Ende zum andern ausgespannt sind, Die mit weiſsem Papier bedeckte Glastafel, welche in einer Rinne am Rücken des Kastens befestigt ist, bildet die Vertikalfläche, auf der die Schatten abgebildet werden. Sie ist sechstehalb Zoll lang und 3$\frac{1}{4}$ Zoll breit. Dieses ist aber viel gröſser, als die oben angegebenen Dimensionen für das Feld, nemlich 1$\frac{7}{16}$ Breite, und 2 Zoll Höhe. *Rumford* hatte bei dieser Einrichtung vor Augen: theils das Einpassen der Scheibe an ihren Ort zu erleichtern, theils aber es in seiner Gewalt zu haben, gelegentlich die Dimensionen des Feldes vergröſsern zu können, indem er die schwarze Pappscheibe ganz von dieser weiſsen Tafel wegnahm, oder eine andere mit einer gröſsern Oeffnung brauchte, welches bisweilen vortheilhaft ist. Späterhin traf der Graf eine Aenderung in der Gestalt des Kästchens. Das Vordertheil desselben wurde nemlich, statt offen zu sein, verschlossen, und das Licht durch zwei horizontale Röhren hinein gelassen, die so ge-

stand, dafs die Verminderung, es sei welche sie wolle, jederzeit der Entfernung, durch welche das Licht durch ein Medium dringt, verhältnifsmäfsig sein müsse, klar, dafs, da die Vergröfserung der Entfernung, durch welche das Licht der

stellt sind, dafs sie einen Winkel von 60° bilden, und ihre Axen in den Mittelpunkt des Feldes des Instruments treffen. Das Feld des Photometers ist durch eine Oeffnung sichtbar, die zu diesem Ende in der Mitte des Vordertheils des Kästchens zwischen den beiden eben angeführten Röhren angebracht ist.

Nach dieser Beschreibung seines Instruments giebt uns der Erfinder verschiedene Vorsichtsregeln beim Gebrauch desselben.

Was die Entfernung betrift, in der die Lichter deren Intensitäten verglichen werden sollen, von dem Felde des Photometers gestellt werden müssen, so fand er, dafs, wenn das schwächste dieser Lichter ohngefähr so stark ist, wie ein gemeines Wachslicht, dieses Licht am aller vortheilhaftesten 30 bis 36 Zoll von dem Centrum des Feldes gestellt werden könne. Ist es aber stärker oder schwächer, so kann man es nach Verhältnifs weiter davon oder noch näher bringen. Stehen die Lichter zu nahe, so werden die Schatten nicht scharf genug begränzt erscheinen; sind sie zu weit entfernt, so bleibt der Schatten zu schwach. Es erleichtert nach *Rumford* die zum Schliessen aus Versuchen dieser Art nöthigen Berechnungen sehr, wenn man ein gleichförmiges Licht, von einem zu diesem Zwecke eigenen Grade von Stärke als Norm annimmt, nach welchem alle andern verglichen werden können. Er erwählte dazu eine Argandsche Lampe, die in London verfertigt, und äufserst gut ausgeführt war; und obgleich die Quantität von Licht, die sie oder jede andere Art von Lampen, ausstrahlt, sehr verschieden ist, da sie gröfstentheils von der Länge abhängt, in welcher das Docht ausgezogen ist, so fand R. doch durch wiederholte Proben, dafs diese Lampe, wenn sie einmal in ordentlichen Stand gesetzt worden, ihr Licht gleichförmig auszustrahlen eine längere Zeit fortfährt, als eine andere Lampe, und bei weitem mehr, als irgend ein Licht in Kerzengestalt. Zu Anfange eines jeden Versuchs macht R. dieses Normallicht auf folgende Weise zurecht: Wenn er die Lampe auf den Schieber, in einer Entfernung von 100 Zoll vom Centro des Feldes des Photometers gestellt hat, so mifst er von dem Mittelpunkte der Zirkelflamme der Lampe, und setzt alsdann ein cylindrisches Wachslicht von bekanntem Gewicht und Dimensionen, welches blos in dieser Absicht angezündet, geputzt, und mit dem gröfst möglichen Grade von Glanz brennend erhalten wird, derselben in einer gewissen gegebenen Entfernung (33 Zoll) gegenüber, worauf denn

kleinern Lampe läuft, nicht mehr als zwanzig Zoll beträgt, während die der gröſsern durch eine zugegebene Entfernung von mehr als 100 Zoll gehen muſs, die Verminderung des Lichts der gröſsern Lampe, die aus der unvollkommenen

das Docht der Lampe so weit heraus gezogen oder verkürzt wird, als nöthig ist, um die der Lampe und dem Lichte correspondirenden Schatten genau von einerlei Dichtigkeit zu machen. Ist dieses geschehen, so wird die Probekerze ausgelöscht, und zu weiterm Gebrauche bei Seite gelegt, der vorgesetzte Versuch nimmt aber unmittelbar hierauf seinen Anfang. Hier ist, wenn man sich richtig ausdrücken will, das Probekerzenlicht eigentlich das Normallicht zu nennen, aber die Lampe muſs ihm bei den Versuchen, wegen der gröſsern Beständigkeit und Gleichheit des Lichts, vorgezogen werden. Die einzige Gefahr eines Irrthums entsteht nach R. bei dieser Verfahrungsart aus der Schwierigkeit, sich Probelichter zu verschaffen, welche immer genau dieselbe Quantität von Licht geben, oder daher, daſs man das nemliche Licht nicht zu allen Zeiten mit demselben Grade von Glanz brennen machen kann. Da ihm indessen eine beträchtliche Anzahl von Versuchen gezeigt haben, daſs die Quantität von Licht, welche eine Lampe von jeder beliebigen Einrichtung ausstrahlt, wenn diese Lampe nemlich hell und ohne Rauch brennt, sich durchaus so verhält, wie die Quantität des verzehrten Oeles, so glaubt er, daſs, wenn die Normallampe so eingerichtet wird, daſs sie nur immer eine gewisse gegebene Quantität von Oel in einer gewissen gegebenen Zeit verzehrt, annehmen zu können, daſs man sie als ein richtiges Normallicht betrachten könne. Um die bei Untersuchungen dieser Art nöthigen Berechnungen abzukürzen, ist es nach ihm vortheilhaft, die Normallampe in eine Entfernung von 100 Zoll von dem Photometer zu stellen, und die Intensität ihres Lichtes an der Quelle der Einheit gleich anzunehmen; in diesem Falle (wenn das Normallicht $= A$, die Intensität des Lichtes bei seiner Quelle $= x = 1$; die Entfernung der Lampe von dem Felde des Photometers $= m = 100$;) kann die Intensität der Erleuchtung auf dem Felde des Photometers $\left(= \frac{x}{m^2}\right)$ durch den Bruch $\frac{1}{100^2} = \frac{1}{10000}$ ausgedrückt werden, und die relative Intensität eines andern Lichtes, welches mit diesem verglichen wird, kann dann durch die folgende Proportion gefunden werden. Nennt man dieses Licht B und setzt $y =$ seiner Intensität an der Quelle, und nimmt $n =$ seiner Entfernung von dem Felde des Photometers in englischen Zollen ausgedrückt an, so ist $\frac{y}{n^2} = \frac{x}{m^2}$; oder schreibt man statt $\frac{x}{m^2}$ dessen Werth $= \frac{1}{10000}$, so

Durchsichtigkeit des Mediums entsteht, größer ausfallen, als die der kleinern Lampe, wenn dieselbe von der nemlichen Ursache abgeleitet werden kann, und daß folglich die Wirkungen einer solchen Verminderung beim Versuche hier mehr sichtbar sein werden, wenn sie in der That beträchtlich sind. Die folgende Tafel zeigt die Resultate der Versuche, die der Herr Graf anstellte, diesen Umstand ins Klare zu setzen.

Versuche.	Entfernung des kleinern Lichts.	Entfernung des größern Lichts.	Zweite Entfernung des grössern Lichts nach dem angenommenen Gesetze von den Quadraten der Entfernungen berechnet.	Untersch. zwischen dem Resultate des Versuchs u. dem der Theorie.
	Zoll	Zoll	Zoll.	Zoll.
Nr. 1.	(Erste Entf. 20 (Zweite Entf. 40	(Erste Entf. 101 (Zweite Entf. 203	202	+ 1
— 2.	(Erste Entf. 20 (Zweite Entf. 40	(Erste Entf. 100,2 (Zweite Entf. 198,3	200,4	— 2,1
— 3.	(Erste Entf. 20 (Zweite Entf. 40	(Erste Entf. 100,8 (Zweite Entf. 202,1	201,6	+ 0,5
— 4.	(Erste Entf. 20 (Zweite Entf. 40	(Erste Entf. 101,5 (Zweite Entf. 204	203	+ 1
— 5.	(Erste Entf. 50 (Zweite Entf. 100	(Erste Entf. 100 (Zweite Entf. 198	200	— 2
— 6.	(Erste Entf. 50 (Zweite Entf. 100	(Erste Entf. 95,5 (Zweite Entf. 192,2	191	+ 1,2
— 7.	(Erste Entf. 50 (Zweite Entf. 100	(Erste Entf. 95,1 (Zweite Entf. 191,2	190,2	+ 1
— 8.	(Erste Entf. 50 (Zweite Entf. 100	(Erste Entf. 96 (Zweite Entf. 192,4	192	+ 0,4

wird $\frac{y}{n^2} = \frac{1}{10000}$ sein, und folglich sich y zu 1 wie n^2 zu 10000 verhalten; oder es verhält sich die Intensität des Lichtes B an seiner Quelle zu der Intensität

In den vier letzten Versuchen wurde statt der kleinen oben beschriebenen Lampe eine gemeine Argandsche Lampe gebraucht, deren Docht nur so weit heraus gezogen war, daſs es nicht mehr als etwa ¼ des Lichts ausstrahlen konnte, das die mit dem gröſstmöglichsten Glanze brennende gegen ihr überstehende groſse Argandsche Lampe lieferte. Damit seine Urtheilskraft beim Entscheiden der Gleichheit der Schatten völlig unbefangen sein möchte, hielt er sein Auge beständig auf das Feld des Photometers gerichtet, und schob mittelst der Winde, die er beständig in seiner Hand hatte, dasjenige Licht, dessen correspondirender Schatten mit dem des Normallichtes zu gleichem Grade der Dichtigkeit gebracht werden sollte, so lange vorwärts und rückwärts, bis ihm die Schatten vollkommen gleich zu sein schienen. In diesem Augenblike aber gab er einem Gehülfen den Auftrag, zu beobachten, und stillschweigend niederzuschreiben, welches die Entfernung der Lampe oder Kerze sei, so, daſs er, ehe der Versuch geendigt, und als es zu spät war, einen vermutheten Betrug seiner Augen nach seinen Wünschen oder Erwartungen etwa corrigiren zu wollen, diese Entfernung gar nicht erfuhr.

Auſser den erwähnten Versuchen stellte er eine groſse Menge anderer an, die ihnen ähnlich waren, und in gleicher Absicht unternommen wurden; sie gaben fast alle die nemlichen Resultate, und kamen im Allgemeinen sämtlich

des Normallichts A eben daselbst, wie das Quadrat der Entfernung des Lichtes B von der Mitte des Feldes des Instruments in Zollen ausgedrückt, zu 10000, und aus diesem Grunde ist auch $y = \frac{n^2}{10000}$. (Rumford's kleine Schriften, aus dem Französischen, B. IV, Abtheil. 2, p. 438 f.)

Die Menge des Lichts in der Atmosphäre zu messen, hat Herr *Leslie* folgendes Instrument vorgeschlagen: Zwei Luftthermometer stehen so mit einander in Verbindung, daſs sie nur durch eine gefärbte Flüssigkeit von einander getrennt sind. Sobald beide Thermometer ohne Farbe der Wärme und dem Lichte ausgesetzt sind, kann sich die Flüssigkeit die beiden Thermometer trennt nicht bewegen. *Leslie* färbt aber die eine Kugel schwarz; diese wird nun um so stärker erwärmt, als mehr Licht auf sie fällt. Die in der Kugel eingeschlossene Luft wird nun stärker ausgedehnt, und bringt die erwähnte Flüssigkeit zum Steigen. Zwei völlig gleiche Thermometer, an deren einem die Kugel schwarz, an dem andern aber weiſs bestrichen wäre, müſsten dasselbe leisten.

Bis jetzt haben wir noch keine genauen Beobachtungen über die jährliche und tägliche Verschiedenheit der Helligkeit in der Atmosphäre über die ganze Erde.

darauf hinaus, dafs sie den Widerstand, welchen die Luft dem Durchgange des Lichts in den Weg legt, so unbeträchtlich zeigen, dafs er gar nicht bemerkt werden, und dafs man sich auf das angenommene Gesetz von der Verminderung der Intensität des Lichtes ohne Gefahr verlassen könne.

Parrot (Theoretische und praktische Anweisung zur Verwandlung einer jeden Art von Licht in eines das dem Tageslichte ähnlich ist, Wien 1791, p. 4) sagt, die Betrachtung der natürlichen und gemahlten Landschaften und des Mondlichts zeige deutlich, dafs das Sonnenlicht durch seinen Durchgang durch eine oder mehrere Atmosphären etwas von seiner natürlichen Farbe verliere; es werde blau gefärbt.

Als *v. Buffon* das Licht in einer Weite von 100,200 und 300 Fufs auffing, verlor es, so viel er bemerken konnte, von seiner Intensität nichts dadurch, dafs es durch so viel Luft gehen mufste. (Priestley's Geschte der Optik, übersetzt von Klügel, Th. II, p. 296.)

Homberg behauptet, (*Mémoires de l'Académie à Paris*, *ann.* 1702, p. 147) die Sonnenstrahlen wirken im luftleeren Raume eben so heftig, als in der freien Luft. Indessen will er gefunden haben, dafs die Brenngläser eine geringere Wirkung haben, wenn einige Tage hinter einander helles Wetter gewesen ist, (*Mémoires de l'Académie à Paris*, *ann.* 1705, *p. m.* 50) welches doch wohl jener Behauptung zuwider zu sein scheint.

Durch einen im Jahr 1698 angestellten sehr genauen Versuch, bei dem ein Lichtstral durch eine Torricellische Leere gelassen wurde, fand *Lowthorp*, dafs die das Licht brechende Kraft der Luft sich zu der des Wassers wie 36 zu 34400 verhalte. Der jüngere *Cassini* war eben gegenwärtig, als *Lowthorp* den erwähnten Versuch vor der Londner Gesellschaft machte. Auf die Nachricht, die er bei seiner Rükkehr der Akademie der Wissenschaften zu Paris davon mittheilte, nahmen sich die Mitglieder derselben im Jahre 1700 vor, den Versuch nachzumachen. *Homberg* richtete dazu eine Röhre vor, die 2 Zoll im Durchmesser und 16 Zoll Länge hatte, und an deren einem Ende ein Planglas eingeküttet, an dem andern aber eine Einfassung von gelbem sehr dickem Kupfer angebracht war, um darin ein zweites Glas, das mit der Richtung der Röhre einen Winkel von 45° machte, anbringen zu können. Die Einfassung war nicht mit der Röhre, welche von rothem Kupfer war, zusammenmen geschweifst, sondern man hatte sich damit begnügt, sie mit Gewalt hinein zu treiben, und die Fugen mit einem Kitte aus Wachs und andern Ingredienzien zu belegen. Man konnte indessen die Resultate der Engländer nicht erhalten. Deshalb trug die Londner Gesellschaft, um die Sache aufser Zweifel zu setzen, Herrn *Hawksbee* auf, unter der Aufsicht des Dr. *Halley* ein Instrument zu diesen Versuchen zu verfertigen. Es bestand dasselbe aus einem starken

messingenen Prisma, daran zwei Seiten Ruthen hatten, ebene Gläser einzunehmen; die dritte Seite hatte eine Röhre und einen Hahn, um mittelst desselben die Luft verdünnen und verdichten zu können. Das Prisma hatte auch einen Quecksilberzeiger die Dichte der darin enthaltenen Luft dadurch zu erkennen, und liefs sich um seine Achse drehen, wodurch denn die Brechungen auf beiden Seiten gleich gemacht werden konnten. Der brechende Winkel war 64 Grad. Es war an einem 10 Fufs langen Fernrohre befestigt, das im Brennpunkte ein feines Haar hatte.

Man wählte zum Versuche nun einen pafslichen, deutlichen, aufrechten Gegenstand, 2588 Fufs entfernt, den 15 Jun. 1708 des Morgens, da das Barometer auf 29 Zoll 7½ Linie, und das Thermometer auf 60 Fahr. stand. Das Prisma ward jetzt evacuirt und an das Teleskop gebracht, worauf das horizontale Haar ein Zeichen an dem aufgerichteten Gegenstande bedeckte, welches man durch den leeren Raum sehr deutlich sah. Beide Glasplatten waren gegen die Gesichtsstrahlen gleichviel geneigt. Nun liefs man Luft hinein. Das Zeichen schien sich nach und nach, so wie die Luft eindrang, über das Haar zu erheben, und endlich fand man, dafs das Haar ein anderes Zeichen, 10¾ Zoll unter dem vorigen bedeckte. Dieses wiederholte man mehrmals immer mit demselben Erfolge. Hierauf brachte man die Compressionsmaschine an's Prisma, und pumpte eine zweite Luftquantität hinein, so dafs die Barometerprobe die Dichte der innern Luft noch ein Mal so grofs als der äufsern angab, brachte es wieder ans Fernrohr und liefs die Luft hinaus, worauf das Zeichen, welches vorher sich zu erheben schien, sich jetzt allmählig senkte, bis endlich das Haar ein Zeichen 10¾ Zoll höher als anfangs bedeckte. Auch dieses traf jedes Mal gleichmäfsig ein. Man pumpte noch eine Atmosphäre hinein, so dafs die Dichtigkeit der innern Luft drei Mal so grofs als die der äufsern war. Als man die verdichtete Luft hinausliefs, senkte sich das Zeichen fast 21 Zoll unter das Haar.

Nun giebt die Länge von 10¾ Zoll für einen Halbmesser 2588 Fufs einen Winkel von 68 Sec. und da der Einfallswinkel des Gesichtsstrahls 32° ist (weil der Winkel der Glasplatten 64° war); so folgt aus den bekannten Gesetzen der Brechung die Proportion: wie sich verhält der Sinus von 32° zu dem von 31° 59′ 26″ (welcher Winkel um 34″, der Hälfte von 69 Sec., kleiner als 32° ist), so verhält sich jeder andere Einfallssinus, und so verhält sich 1000000 zu 999763. Dieses ist das Brechungsverhältnifs aus der verdichteten Luft in die gewöhnliche. Es erhellet aus diesen Versuchen dafs die brechende Kraft der Luft ihrer Dichte proportional ist. Da nun die Dichte der Athmosphäre sich wie ihre Schwere und umgekehrt wie ihre Wärme verhält, so kann man das Verhältnifs der Dichte zu jeder gegebenen Zeit aus der Vergleichung der Barometer und Thermometerhöhen, und daraus die Gröfse der Brechung der

Luft bestimmen. Aber *Dr. Smith* bemerkt daſs man um sich auf die Richtigkeit dieses Schlusses verlassen zu können, untersuchen müsse, ob auch Wärme und Kälte allein, bei unveränderter Dichte, die brechende Kraft der Luft zu verändern im Stande seyn. Zu diesem Ende darf man nur die in dem Prisma eingeschlossene Luft, gleich vorher, ehe man das Instrument an das Fernrohr anbringt, erwärmen, und Acht haben, ob das Haar im Brennpunkte, während der Abkühlung immer dasselbe Zeichen bedecke. Als die Mitglieder der französischen Akademie von dem Erfolge des erzählten Versuchs benachrichtigt waren, gaben sie dem jüngern *Delisle* den Auftrag, den früher ohne Erfolg von ihnen unternommenen Versuch zu wiederholen, welches derselbe im Jahre 1719 that, und der Akademie am 9ten Aug. dieses Jahrs davon Bericht erstattete. Er bediente sich dabei derselben Röhre, die *Homberg* wie wir oben angeführt, eingerichtet hatte; nur gebrauchte man Statt der eingekitteten Einfassung, die, wie er bemerkt hatte, Luft durchlieſs, eine dünnere, welche angeschweiſst wurde, und stark genug war, dem Andrange der Luft den gehörigen Widerstand zu leisten. Dieses neue Stück hielt auch ein Glas, welches unter einem Winkel von 45° gegen die Röhre geneigt war. Eine gleiche Einfassung mit gleich angebrachtem Glase lieſs er auch an dem andern Ende der Röhre anbringen, um den Effect zu verdoppeln. So viel Vorsicht er auch angewandt hatte, beiden Gläsern genau eine Neigung von 45° zu geben, so fand es sich doch nach der abermaligen Untersuchung ihrer Neigung daſs die eine 45° 52′ und die andere 45° 20′ war. Um genau die Quantität dieser Neigung zu erfahren, leimte er auf die Mitte der äuſsern Oberfläche beider Gläser ein kleines rundes Stück Papier, welches ihn, wenn er die Röhre so der Sonne aussetzte, daſs der Schatten der einen dieser Rundungen auf die andere fiel, in Stand setzte die Richtung der Röhre genau kennen zu lernen. Wenn er alsdann die Röhre in dieser Richtung hatte, so fieng er auf einer Fläche das Sonnenbild auf, welches durch das der Sonne zugekehrte Glas reflectirt wurde. Das Sonnenbild fieng er ohngefähr in eben der Entfernung vom Glase, in welcher diese beiden Gläser von einander abstanden auf, so daſs das Bild und die beiden Gläser ohngefähr einen rechtwinklichten Triangel mit zwei gleichen Seiten bildeten. Darauf maſs er aufs Genaueste die Länge der Seiten dieses Triangels, woraus er dann auf die Gröſse des Winkels, den das der Sonne zugekehrte Glas machte, schloſs, aus welchem der Einfallswinkel der Strahlen auf das eine Glas = 44° 8′, auf das andere = 44° 40′ resultirte. Um die Quantität der Refraction der Luft bei verschiedenen Dichtigkeiten bestimmen zu können, hielt er es für das Beste die verschiedenen Grade der Dichtigkeit mit einem einfachen ſorgfältig gefüllten Barometer zu messen. Zu dieser Absicht lieſs er unter die Röhre ein kleines Loch machen, worin er eine kleine kupferne

kupferne Röhre perpendikulair auf die Richtung der Röhre einlöthen liefs, um den offenen Theil eines Barometers hineinbringen zu können.

Die ersten Male, da er den Versuch machte, bediente er sich nur einer kleinen Luftpumpe, die das Quecksilber nur bis zu einem Zoll über dem Niveau hinab zu bringen fähig war. Als die Röhre auf diese Art von dem gröfsten Theile ihrer Luft befreit war, wurde sie gegen einen sehr entfernten Gegenstand gerichtet, den man durch die Röhre und ein in die Richtung der Röhre gebrachtes Perspectiv von 20 Fufs hindurch sah. In dem Brennpunkte dieses Perspectivs waren zwei parallele Faden, die die Veränderungen des durch verschiedene Medien gesehenen Objects maafsen. Als er den Abstand der Faden unter einander mit der Länge des Brennpunktes des Objectivglases verglich, fand er, dafs sie einen Winkel von beinahe 30″ einschlossen, welches eine Refraktion von 43″ für einen Einfallswinkel von 44 bis 45° giebt.

In der Folge bediente er sich der Luftpumpe der Akademie, womit er das Quecksilber zu drei Linien über dem Niveau hinunterbrachte, wobei er mehrere Male die Veränderung des Objects um 1′ 1″ oder 2 Sec., welches für denselben Einfallswinkel als oben nur etwas mehr als eine halbe Minute Refraction giebt, bemerkte.

Da er endlich die letztern Male dahin gelangt war, das Quecksilber bis zu einer Linie über dem Niveau hinab zu bringen, so fand er die Abweichung des Objects noch gröfser, nemlich 1′½, welches ¾ Minuten für den Einfallswinkel von 45° giebt, und weiter konnte er nicht gehen. Er fand immer dafs die Variationen des Objects im Verhältnifs mit der Höhe standen, zu der die wieder in die Röhre eindringende Luft das Quecksilber des Barometers erhob, so dafs wenn das Quecksilber ⅓ oder ½ seiner gewöhnlichen Höhe einnahm, das Object gleichfalls um ⅓ oder ½ seiner Totalvariation abwich. 1) (Priestleys Ge-

1. *Vergleicht man inzwischen die verschiedenen Quantitäten der Totalrefraction, die Delisle in seinen verschiedenen Versuchen beobachtete, so findet sich nicht dafs die Totalvariation des Objects in jedem Versuche dem Antheile Quecksilber, der noch über dem Niveau stand, proportionirt gewesen sei, denn die astronomische Refraction war für Paris ohngefähr 2 ¹/₄ Min. für die Summe der Einfalswinkel, deren er sich bediente; richtete sich die Abweichung des Objects immer nach dem Verhältnifs der Höhe des Quecksilbers, so hätte er bei dem Versuche, bei dem das Quecksilber noch einen Zoll koch über dem Niveau stand, die Totalabweichung des Objects nur 5″ kleiner als die astronomische Refraction finden müffen, anstatt dafs er sie beinahe 1 ¹/₂ Minut. kleiner fand, wie es hätte geschehen müssen, wenn das Quecksilber nur 10 Zoll von seiner gewöhnlichen Höhe abgefallen wäre. Im 2ten und 3ten Versuche, in denen das Quecksilber nur 3 Linien, und hernach 1 Linie über dem Niveau stand, hätte er die Totalvariation des Objects der astronomischen*

schichte der Optik Th. I. p. 128. ff. der Uebersetzung von Klügel; *Memoires de l'Acad. à Paris an.* 1719 *p.* 330 *sq.; Smith's Opticks, remarks. p.* 69. d. t. A. p. 439).

Newton bemerkt (*Optice, Lib.* II. *p.* III., *prop.* VII.) wenn das Licht, indem es aus Glas in Luft übergehen will, unter einem schiefern Winkel als 40 oder 41 Grade einfalle, so werde es sämmtlich zurückgeworfen; falle es aber unter einem kleinern Winkel ein, so werde der gröfste Theil desselben durchgelassen.

Ebender fand (a. a. O. L. II. P. III. prop. 10, p. 230.) dafs in der Luft der Einfallswinkel des gelben Lichts zum Brechungswinkel sich verhalte wie 3851 zu 3850, und dafs die brechende Kraft der Luft zu der des Wassers bei gehöriger Rücksicht auf die Dichte beider Medien sich verhalte wie 4160 zu 7845.

Wenn die von Himmelskörpern ausgehenden Lichtstrahlen bei ihrem Fortgehen in unsern Luftkreis kommen, so müssen sie nothwendig gebrochen werden, indem sie aus einem dünnen Mittel in ein dichteres übergehn. Sie werden also ins Auge des Beobachters nach ganz andern Richtungen kommen, als es sonst geschehen würde, wenn sie durch ein Mittel von gleicher Dichte in in ihrem ganzen Fortgange ins Auge kommen könnten. Es sey (Fig. 1. Tab. XVIII. die Stelle des Beobachters auf der Erde, die Himmelsgränze a t s und die äufserste Grenze der Atmosphäre g d e mithin a das Zenith. Wenn nun von dem Stern sein Strahl s e auf die Atmofphäre der Erde so auffallen würde, dafs er gehörig verlängert die Stelle b träfe, so ist klar, dafs er anfänglich aus e in die Lage e f gebrochen würde. Da aber die Dichtigkeit der Atmosphäre von der äufsersten Grenze derselben bis auf die Erdoberfläche zu immer gröfser wird, so wird der Strahl gegen die Oberfläche der Erde immer in eine krumme Linie gebrochen, und trifft die Erde in c, mithin kann dieser Strahl in die Stelle b nicht kommen. Ein anderer Strahl s d hingegen, der über e hinweggehen würde, mufs ebenfalls in die krumme Linie d b gebrochen werden, und dieser Stral fällt nun in die Stelle b. Die Richtung dieses Strals in welcher er das Auge des Beobachters trifft ist mit der Tangente b t einerlei, mithin wird der Stern in der Richtung b t gesehen, und seine scheinbare

Refraction merklich gleich finden müssen, und doch fand er es im ersten Falle 1/4 *Min. und im zweiten* 3/4 *Min. kleiner, wie es würde geschehen sein, wenn im ersten Falle das Quecksilber nur* 12 1/2 *und im zweiten* 18 3/4 *unter seinem gewöhnlichen Stand gefallen wäre. Delisle glaubt hieraus schliefsen zu können, dafs die Regel nach denen die Refraction mit den Quecksilberhöhen des Barometers im directen Verhältnisse stehen, nicht immer wahr sei, sondern dafs sehr nahe beim Niveau ein kleiner Untershied in der Quecksilberhöhe einen grofsen Unterschied in der Totalrefraction verursacht.*

Entfernung vom Zenith bestimmt den Winkel abt, der ohne Refraction abs seyn würde. Die Differenz tbs, welche angiebt, um wie viel die scheinbare Entfernung abt des Sternes s vom Zenith wegen der Strahlenbrechung in der Atmosphäre von der wahren Entfernung verschieden sey, heiſst die astronomische Strahlenbrechung oder Refraction. Es verursacht demnach die astronomische Strahlenbrechung, daſs ein Gestirn am Himmel etwas höher erscheint, als ohne diese Brechung erfolgen würde. Befände sich das Gestirn gerade im Zenith a, so geht der Strahl aq ungebrochen durch den Luftkreis durch. Dagegen fallen die Strahlen solcher Gestirne, die näher am Horizonte erscheinen, desto schiefer auf, und werden daher desto stärker gebrochen. Je weniger also ein Gestirn vom Zenith entfernt ist, desto kleiner ist die astronomische Strahlenbrechung; und sie fällt völlig weg, wenn das Gestirn im Zenith sich befindet. *Bouguer* (*Histoire de l'Academie à Paris*, *ann.* 1726, *p.* 12.) fand, daſs im Augenblicke des Untergangs des Mondes, wenn sein unterer Rand den Horizont berührt, sein Licht ohngefähr 400 Mal schwächer ist, als wenn er eine Höhe von 66° hat. Dagegen wird sie desto gröſser, je näher das Gestirn dem Horizonte erscheint, und sie ist am gröſsten, wenn das Gestirn gerade im Horizonte gesehen wird. Dies heiſst alsdann auch die Horizontalrefraction.

Uebrigens kömmt es aber nicht darauf an, ob das Gestirn weiter oder näher von unserer Erde entfernt ist; die Strahlenbrechung für Planeten, Sonne, Mond, Fixsterne und Cometen ist völlig einerlei. (Gehlers phys. Wörterb. B. IV, p. 243 ff. Fischers phys. Wörterb. B. IV, p. 567.) 1) Die Astrono-

1. Nach *Montucla* soll schon *Ptolomaeus* die astronomische Strahlenbrechung gekannt haben; er führt als Beweis dafür eine Stelle von *Roger Bacon* (*Perspectiva ex edit. Combachii* 1614. *p.* 37.) an, der bemerkt, man sehe die Gestirne beim Horizonte nicht am rechten Orte, und hinzu setzt: „*Sic autem Ptolomaeus in lib. V. Optices et Alhazen in VII.*" *Alhazens* angeführte Stelle handelt zwar wirklich von der Strahlenbrechung, aber in des *Ptolomaeus Almagest* findet man keine Erwähnung derselben, auch da nicht, wo dies geschehen seyn müſste, wenn sie damals bekannt gewesen wäre. Wahrscheinlich hat sich die von *Bacon* angeführte Stelle auf den Gesichtsbetrug bezogen, den *Ptolomaeus* aus den Dünsten erklären will. Von diesem Gesichtsbetrug handeln mehrere Stellen des *Ptolemaeus*, besonders die *Lib.* III. c. 9, von der auch *Priestley* (Geschichte der Optik, übersetzt durch Klügel S. 11.) glaubt, daſs sie Bezug auf die astronomische Strahlenbrechung habe. Der Araber *Alhazen* redet sehr bestimmt von diesen Strahlenbrechungen. (*Optices Lib. VII.* und *de crepusculis.*) Er leitet sie davon ab, daſs die Materie des Himmels subtiler sey, als die Substanz der Luft. Er schreibt ihnen die Ursach von der Vergröſserung der Höhe der Gestirne und dem Phaenomene, daſs Sterne zuweilen über dem Horizonte gesehen werden, wenn sie noch wirklich darunter sind, zu. Auch hängt nach ihm das Blinken

mie lehrt verschiedene Methoden, die Gröfse der Strahlenbrechungen durch Beobachtungen zu finden. Wenn z. B. die Polhöhe des Beobachtungsortes nebst der Abweichung der Sonne oder eines Sternes genau bekannt sind, so

der Sterne davon ab. Ob er gleich Mittel vorschlägt ihre Gröfse zu finden, so giebt doch weder er, noch sein Nachfolger *Vitellio* eine Bestimmung dieser Gröfse. Erst im 16ten Jahrhundert wurde dieser Gegenstand etwas genauer von *Bernhard Walter* (*Observat. Norimberg. adiectae observat. Hassiacis, edit. à Willebrando Snellio, Lugd. Batav.* 1618, 4.) *Maestlin* und besonders *Tycho de Brahe* (*Progymnasm. astronom. L. I. p. 15. sq.*) untersucht. Man erkannte sehr bald den Werth dieser Untersuchungen. *Kepler* (*Epitom. astronom. Copernic. L. I. P. 3. p.* 61.) führt an, dafs beim Aufgange der Kornähre der Jungfrau der Schwanz des Löwen in dem nemlichen Scheitelkreise 35 Gr. 2′ hoch stehe, da doch die Entfernung beider Sterne nahe am Meridiane nur 34 1/2 Gr. gefunden werden, woraus zu schliefsen sey, es werde die aufgehende Aehre um 32′ höher erhoben. Diese Beobachtung rührt, wie der Zusammenhang in *Keplers* Schrift zeigt von *Tycho* her, auch kann man sich durch einen Globus leicht davon überzeugen, dafs sie auf den Horizont von Uranienburg pafst. *Tycho* setzt die Horizontalrefraction auf einen halben Grad. Er glaubte in Ansehung der Strahlenbrechung vermöge seiner Beobachtungen befugt zu seyn, einen Unterschied bei der Sonne, dem Monde und den Sternen zu nehmen, die Horizontalrefraction der Sonne auf 34′ und die des Mondes auf 33′ zu setzen, und die Wirkungen derselben höchstens bei der Sonne bis auf den 43ten Gr. ihrer Höhe beim Monde bis auf den 45ten Grad und bei den Sternen bis zum 20sten Grad anzunehmen. Endlich meint *Tycho* noch, die Strahlenbrechung werde durch den Unterschied der Luft und des Aethers darüber, wie auch durch die dicken Dünste zunächst an der Erdfläche nicht verursacht. Dagegen behauptete der hessische Mathematiker *Rothmann* dafs es gar keinen Unterschied zwischen der Luft und dem Aether gebe, und liefs die Brechung blofs nahe am Horizont Statt finden. Beide geriethen darüber in einen weitläuftigen Streit, den *Kepler* anführt. *Kepler* kannte schon die Brechung besser, und macht die richtige Bemerkung, dafs die Verschiedenheit der Entfernnng der Himmelskörper von der Erde auf die Strahlenbrechung gar keinen Einflufs habe. Obgleich *Tycho* anfänglich die Brechung des Mondenlichtes gröfser als die des Sonnenlichtes gehalten habe, so sey er doch nachher überzeugt, dafs sie beide Mal einerlei sey. (*Paralipom. p.* 112.) *Kepler's* Ansicht der Strahlenbrechung wurde aber dadurch unrichtig, dafs er der Luft bis zur Grenze der Atmosphäre eine gleichförmige Dichtigkeit zuschrieb. Erst durch die Entdeckungen des *Torricelli*, *Pascal*, *Boyle* und *Mariotte* ward die Beschaffenheit des Luftkreises etwas näher bestimmt, wodurch man auch genauere Begriffe von der Strahlenbrechung in demselben erhielt.

Noch im Jahre 1665 nahm der P. *Riccioli* die Strahlenbrechung nur bis 46 Gr. Höhe als merklich an. Aber der ältere *Cassini* leitete aus seinen Beobachtungen eine Tabelle für die Brechungen her, worin die Horizontalrefraction 32 1/6 gesetzt, und die Brechung bis nahe ans Zenith als merklich angenommen ist. Auch erhielt diese Bestimmung durch *Richers* Beobachtungen in *Cayenne* in den Jahren 1671 bis 1673 ihre Bestätigung.

kann man die Höhe der Sonne oder des Sternes für jede Entfernung vom Meridiane durch Auflösung eines sphärischen Dreiecks berechnen. Wenn man nun die scheinbaren Höhen mittelst eines grofsen Quadranten, und zugleich die Entfernungen vom Meridiane durch die Zeit mit einer genauen Pendeluhr beobachtet, so wird für die nemliche Entfernung die beobachtete Höhe etwas gröfser als die berechnete seyn, und die Differenz beider wird die Gröfse der Strahlenbrechung für diese Höhe geben. Oder man beobachte einen Stern (Taf. XVIII. Fig. 2.) c, der sehr nahe beim Zenith a durch den Meridian geht, mithin seine Refraction unendlich klein ist. Aus dem Abstande a c vom Zenith und der Aequatorhöhe a p des Beobachtungsortes läfst sich der Halbmesser c p = p b des Tagesbogens und hieraus die Höhe b e finden, in welcher der Stern 12 Stunden nach seiner Culmination durch den Mittagskreis unter dem Pole p gehen sollte. Beobachtet man nun diesen Durchgang so wird sich die Höhe wegen der Strahlenbrechung gröfser etwa β e finden, und eben die Differenz β b wird die Gröfse der Srahlenbrechung geben. Die Methoden, die Strahlenbrechungen durch Beobachtungen zu finden, sind nur brauchbar, wenn die Höhe des Sterns nicht über 45° ist. Beträgt diese mehr als 45°, so sind die Strahlenbrechungen so klein, dafs man sich auf die Beobachtung allein nicht mehr verlassen kann.

Man war defshalb genöthigt Gesetze aufzusuchen, nach denen sich die Strahlenbrechung vom Horizonte an, bis gegen das Zenith zu ändert. Um aber hiebei so viel als möglich genau zu seyn, müfste man die Natur der Curve kennen, welche der Luftstrahl in der Atmosphäre durchläuft. Der ältere *Cassini* liefs diese Krümmung ganz aufser Acht, und nahm an, das Licht gehe in geraden Linien fort, wobei es eben so viel ist, als ob jeder Strahl aus einem Raum von sehr dünnem Mittel unmittelbar in die unterste Luftschicht übergienge (*Heinsius programma de computo refract. astronom. sub hypothesi rad. luc. instar rectae lineae asmosphaer. traiicere Lips.* 1749, 4.) Nach dieser Voraussetzung mufs aber eine bestimmte Höhe der Atmosphäre angenommen werden. Wenn *Cassini* diese Höhe 2000 Toisen annahm, so fand er seine Berechnungen mit den Beobachtungen zusammenstimmend. So entstand seine Brechungstafel, in der er die Horizontalrefraction 32′ 10″, die von 10° Höhe 5′ 28″ setzt, und die von den Astronomen lange gebraucht wurde. Viele Schriftsteller der Zeit waren durch *Cassini* verleitet zu glauben, die Brechung des Lichts in der Luft erstrecke sich nicht weiter, als bis auf die Höhe von 2000 Toisen und bleibe durch diesen Raum überall gleich grofs. Indessen hat *Cassini* selbst diesen Irrsatz nicht behauptet; es würde aus demselben die Ungereimtheit folgen, dafs die Strahlenbrechung auf den Bergen gröfser als an der Meersfläche sey, und 2000 Toisen Höhe über der Meersfläche nahe am

Zenith noch 32′ betragen müſste. *Bouguer* beobachtete die Horizontalrefraction auf dem *Chimboraço*, der 2388 Toisen über der Meeresfläche erhaben ist, nur 19′ 45″ da sie hingegen in Peru 27′ war. Das Gesetz, nach dem die Refraction abzunehmen schien, lieſs Hrn. *de la Lande* vermuthen, sie möge in einer Höhe von 5158 Toisen über der Meersfläche unmerklich werden. Letzteres sei gegründet oder nicht, so hat doch *Bouguer* durch diese Beobachtungen bewiesen, daſs die Refraction in höheren Gegenden wirklich abnimmt, und folglich der Weg des Lichts keine gerade, sondern eine krumme Linie sey.

Seit *Mariotte's* Zeiten haben auch mehrere Mathematiker die Bahn des Lichts in der Atmosphäre als eine krumme Linie angesehn, und aus der Natur derselben zuverläſsigere Bestimmungen der Refraction in verschiedenen Höhen abzuleiten gesucht. Die erste dahin gehörige Tafel ist die von *Newton* (*Philosoph. Transact. for.* 1721. *Nro.* 368. *p.* 169.) berechnete, welche *Halley* herausgab, und in der die Horizontalrefraction 33′ 45″, die für 1° Höhe 23′7″, die für 75° Höhe, womit sich die Tafel endigt, zu 15″ angesetzt ist. Merhere Untersuchungen über diesen Gegenstand haben nachher *Taylor* (*Methodus increm. p.* 108.) *Jacob Bernoulli* (*Opp. Tom. II. p.* 1063.) *Johann Bernoulii* (*Opp. Tom. III. p.* 516.) *Daniel Bernoulli* (*Hydrodynamica p.* 221.) *Simpson* (*Mathematicae dissert. p.* 46.) und endlich *Lambert* (*Les propriétés remarquables de la route de la lumière par les airs, à la Haye* 1758, §. 103,) angestellt.

Aus einer groſsen Menge accurater Beobachtungen leitete *de la Hire* (*Memoires de l'Academ. royal à Paris* 1702. *p.* 52 *ff.*) eine neue Brechungstafel her, in welcher die Horizontalrefraction 32′, die für 5° Höhe, 10′ 20″, die für 10° Höhe 5′ 41″ bei 75° Höhe 20″ gesetzet ist, und welche von *Bouguer* (*Memoir. de Paris, an.* 1739, *p.* 407. *sq.*; 1749 *p.* 75. *sq.*) noch sehr verbessert wurde. Mit noch gröſserer Genauigkeit wurde die astronomische Refractionslehre von dem Abt *de la Caille* (*Memoir. de Paris, an* 1755, *p.* 547. *ff.*) untersucht, welcher eine neue sinnreiche Methode die Strahlenbrechung durch Beobachtung zu bestimmen fand, indem er Sterne am Zenith auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung beobachtete, die zu gleicher Zeit in Paris am Horizonte gesehen wurden. Nach *Simpson* folgt aus seinen Untersuchungen über die krummlinichte Bahn des Lichts das Gesetz, daſs sich die Brechungen in verschiedenen Höhen wie die Tangenten der um $\frac{11}{4}$ der Brechungen verminderten Abstände vom Zenith verhalten. *Bradley* nahm im Jahre 1760 seinen Beobachtungen zu Folge die Zahl 3 Statt $\frac{11}{4}$ an. Wenn man also die scheinbare Entfernung vom Zenith gleich C, die Brechung = B setzt, so verhält sich B wie *tang.* (E — 3 B) wofür man ohne bemerklichen Fehler das Verhältniſs B zu

tang. E annehmen kann, wenn B sehr klein ist, daher die Refractionen von 45° Höhe an bis zum Zenith ziemlich genau im Verhältnisse der Tangenten der Entfernungen vom Zenith abnehmen. Für Höhen unter 45°, wo schon B merklicher ist, hat man die Horizontalrefraction = H gesetzet: tang. (90° — 3 B): tang. (E — 3 B = H. B.)

Nach dieser Regel hat *de la Lande* eine Brechungstafel für *Bradley's* Beobachtungen berechnet, die sich in der Berliner Sammlung astronomischer Tafeln (B. III, p. 228. 229) befindet, und noch jetzt am gebräuchlichsten ist. Folgendes ist ein kurzer Auszug aus derselben:

Scheinbare Höhe.	Stralenbrechung.		Scheinbare Höhe.	Stralenbrechung.		Scheinbare Höhe.	Stralenbrechung.	
Grad.	′	″	Grad.	′	″	Grad.	′	″
0	32	24.	9	5	58.	50	0	49.
1	24	21.	10	5	24.	55	0	41.
2	18	41.	15	3	36.	60	0	34.
3	14	46.	20	2	40.	65	0	28.
4	12	3.	25	2	6.	70	0	21.
5	10	5.	30	1	42.	75	0	16.
6	8	39.	35	1	24.	80	0	10.
7	7	32.	40	1	10.	95	0	5.
8	6	40.	45	0	59.	90	0	0.

Es ist aber bei den Betrachtungen über dergleichen Brechungstafeln noch die wichtige Frage zu entscheiden, ob die Strahlenbrechung an verschiedenen Orten der Erdfläche gleich sei oder nicht. Wäre das letztere, so würde der Nutzen solcher Tafeln eben nicht groſs sein. Man ist aber über diese Frage immer nicht einig gewesen. *Bouguer* fand die Horizontalrefraction in Peru 27′; in unsern Gegenden beträgt sie gewöhnlich 32′. Hieraus würde also eine Ungleichheit der Strahlenbrechung an verschiedenen Orten folgen. Dagegen fand *de la Caille* auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung die Brechung nur um $\frac{1}{18}$ stärker, als in Paris, und *Maupertuis* fand die in Lappland von der zu Paris gar nicht verschieden. Letztern Beobachtungen zu Folge fände also gar keine, oder wenigstens nur eine unmerkliche Ungleichheit der Brechungen an verschiedenen Orten der Erde Statt. Man hat deshalb die angeführte Tafel besonders für Höhen, welche über 12° gehen, an allen Orten der Erdfläche mit Sicherheit gebraucht, wenn die Barometerhöhe 28 Par. Zoll ist, und das Quecksilberthermometer von 80 Graden auf 10° stehet, in welchem Falle die

Strahlenbrechungen die mittlern genannt werden. Aus dieser Ursache nennt man diese Tafel die Tafel der mittlern Strahlenbrechungen. *Hennert* hat aber (Archiv der reinen und angewandten Mathematik durch Hindenburg, 6tes Heft, 1797) besonders aus den von *Piazzi* (*della specola astronomico etc.*) zu Palermo gemachten Beobachtungen gefunden, daſs sich überhaupt keine überall brauchbare Regel zur Bestimmung der Strahlenbrechung angeben lasse, sondern, daſs die verschiedenen Luftstriche auch ein immer etwas verschiedenes Gesetz befolgen. Es wird daher jeder Astronom die Strahlenbrechung für seinen Ort besonders bestimmen müssen. Auch findet *Hennert*, daſs die Strahlenbrechungen in den verschiedenen Jahrszeiten verschieden, namentlich im Winter gröſser, als im Sommer sein. Dies letztere hatte schon *Picard* 1669 aus den Mittagshöhen der Sonne erkannt. Daſs dies von der in den verschiedenen Jahrszeiten verschiedenen Dichtigkeit der Luftmasse herrühre, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Dabei kann man vermöge des Strahlenbrechungsgesetzes annehmen, daſs sich die astronomischen Refractionen (als sehr kleine Winkel) wie die Dichtigkeit der Luft selbst verhalten. Da nun die Dichtigkeit der Luft nach dem Druck, der Wärme, den Dünsten, und den Mischungsveränderungen verschieden ist, so müſste man eigentlich, um genaue Bestimmungen der Refractionen zu erhalten, alle diese Umstände in Erwägung ziehen. Da es aber sehr schwierig ist, die Wirkungen der Dünste und anderer Mischungen auf die Dichtigkeit der Luft mit einiger Zuverläſsigkeit zu bestimmen, so begnügt man sich blos, auf Druck und Wärme, d. h. auf Barometer- und Thermometerstand Rücksicht zu nehmen.

In Ansehung des Barometers müssen sich die mittlern Strahlenbrechungen, die für 28 Zoll oder 336 Linien Barometerhöhe gelten, für eine Linie Aenderung um $\frac{1}{336}$ oder beinahe $\frac{3}{1000}$ ihrer Gröſse ändern. Nimmt man also die Dichtigkeit der Luft bei der Barometerhöhe von 336 Linien $= 1$ an, so wird sie bei $336 \pm b$ Linien $1 \pm \frac{3\,b}{1000}$ sein, und die mittlere Strahlenbrechung B wird sich in $B\left(1 \pm \frac{3\,b}{1000}\right)$ verwandeln. Aus Beobachtungen fand *Mayer* die Veränderung $= \frac{1}{22}$ des Ganzen, wenn sich die Barometerhöhe um 15 Linien änderte, oder wenn $b = 15$ war, welches mit der Formel recht gut zusammen stimmt.

Was die Beobachtung des Thermometers betrifft, so kömmt hier es vorzüglich darauf an, die Wirkung der Wärme auf die Elasticität der Luft zu bestimmen, worüber die Resultate aus den Erfahrungen sehr verschieden ausgefallen sind. (Man sehe hier das, was über die Elasticität der Luft, und die barometrischen Höhemessungen B. II, p. 197 — 220 besonders in den Noten angeführt ist.) Nach *de Luc* ändert sich bei 10° Reaum. die spec. Elasticität der Luft für jeden Grad Aenderung um $\frac{1}{208\frac{1}{4}}$. Wenn daher das Thermometer von 10° nach Reaum. an, um a Grade herab fiele, oder stiege, so müſsten die

die mittlern Strahlenbrechungen etwa um $\frac{a}{208,25}$ gröfser oder kleiner werden; es würde sich also B in B $\left(1 \pm \frac{a}{208,25}\right)$ verwandeln. (Fischer's phys. Wörterb. B. IV, p. 874 — 875.)

Tobias Mayer, der bei seinen Beobachtungen mit dem Göttingischen Mauerquadraten besonders mit auf die Strahlenbrechung achtete, fand, dafs sich die Brechung im Verhältnifse der Wärme änderte, und gab im Jahre 1753 folgende Regel an, die allgemeinen Beifall erhielt: Die mittlere Strahlenbrechung für 28 Zoll Barometerhöhe und 10 Grad Wärme verändert sich bei 15 Lin. Veränderung des Barometers, und bei 10° Veränderung des Reaumurschen Thermometers um den 22sten Theil ihrer Gröfse. Diese Regel giebt für 1° Thermometer $\frac{1}{220}$; also den Divisor des a in der obigen Formel = 220. *De Luc* (Untersuchung. über die Atmosphäre, aus dem Franz., Th. II, Leipzig 1778, §. 836) führt an, dafs diese Mayer'sche Regel eine Verbesserung vorschreibe, welche sich zu der seinigen wie $\frac{1}{511}$ zu $\frac{1}{500}$ verhalte; aber diese Vergleichung ist nicht richtig. *Mayer's* Berichtigung nemlich beträgt für 1 Grad des Thermometers von *de Luc* $\frac{1}{511}$ derjenigen Brechung, die bei 10° Wärme Statt findet; *de Luc's* hingegen $\frac{1}{500}$ derjenigen Höhe, die bei $16\frac{3}{4}$° Wärme Statt findet. Es ist demnach die Einheit, auf die sich die Brüche beziehen sollen, nicht eine und die nemliche, und es kann daher keine unmittelbare Vergleichung Statt finden. Reducirt man sie aber auf dieselbe Normaltemperatur, so würden sie sich wie $\frac{1}{220} : \frac{1}{208\,1/4}$ oder wie $\frac{1}{511}$ zu $\frac{1}{448}$ verhalten, und ihre Abweichung scheint weit gröfser zu sein, als *de Luc* glaubte. *De Luc* setzt aber hinzu, es habe sich vielleicht *Mayer* eines eigentlichen Reaumürschen Thermometers bedient, dessen Grade etwas kleiner, als die gewöhnlichen Grade der Theilung in 80 seien, und wenn dies seine Richtigkeit habe, so stimme die Mayer'sche Angabe mit der seinigen noch näher zusammen. Diese Muthmafsung hat sich auch so ziemlich bestätigt. *Lichtenberg* bemerkt nemlich (*Tob. Mayeri opera inedita, cura G. C. Lichtenbergii, Vol. I, p.* 90; bei de Luc, a. a. O. p. 678), *Mayer's* im Jahre 1755 verfertigtes Thermometer sei beim Siedepunkte nicht 80, sondern $82\frac{1}{2}$° verzeichnet. Es verhält sich diesem zu Folge also ein Mayer'scher Grad zu einem an der gewöhnlichen Reaumürschen Skale, wie 82,5 : 80 = 33 : 32, oder $\frac{33}{32}$ Mayer'sche Grade machen 1 Grad Reaum. Da nun *Mayer* die Berichtigung für einen seiner Grade = $\frac{1}{220}$ setzt, so würde dieses für einen gewöhnlichen Grad $\frac{33}{32 \cdot 220} = \frac{1}{213\,1/3}$ betragen. Es verhielten sich demnach *Mayers* und *de Luc's* Berichtigungen wie $\frac{1}{213\,1/3} : \frac{1}{208\,1/4} = \frac{1}{496} : \frac{1}{484}$.

Mayers Satz, dafs sich die Veränderungen der Strahlenbrechung wie die Aenderung der Wärme verhalte, nimmt auch *de la Caille* (*Mémoires de*

Paris, 1755, p. 556 ff.) an; er findet aber aus seinen Beobachtungen die Veränderungen für 10 Grad Wärme nur $\frac{1}{27}$, so dafs also der Divisor von a die Zahl 220 ist. Werden beide Berichtigungen in Ansehung des Drucks und der Wärme mit einander gehörig verbunden, so ergiebt sich, wenn die Barometerhöhe $= 336 + b$ Linien ist, und das Quecksilberthermometer von 80° auf $10 = a$ Grade stehet, die Refraction: *) $R = B\left(1 + \frac{3b}{1000}\right) \cdot \left(1 - \frac{a}{220}\right)$

Wenn wir diese Formel nach dem Grundsatze, die Refraction verhalte sich wie die Dichtigkeit der Luft, untersuchen, so wird die mittlere Strahlenbrechung B, nach dem was (B. II, p. 198 f.) über die Höhenmessungen durch das Barometer gesagt ist, wenn die Dichte der Luft gleich dem dortigen $m = \frac{f}{c}$, (wo f die Barometerhöhe, c die Subtangente der logarithmischen Linie oder die specifische Elasticität der Luft bedeutet), wenn man für die mittlere Strahlenbrechung B (wo das Barometer auf 336 Lin. steht, und die Subtangente $= C$ heifsen mag) die Dichte $= \frac{f}{c}$ setzt, sich zu R verhalten, wie $\frac{336}{C} : \frac{f}{c}$, woraus folgt: $R = B. \frac{f}{336} \cdot \frac{C}{c}$ Man findet ferner bei der Abhandlung der barometrischen Höhenmessungen (B. II, p. 216), dafs sich die Subtangente für 5 Grade des Reaum. Thermometers (nach Mayer's Angabe) wie $210 + r$ verhält. Also ist, (weil $r = 10$ für die Subtangente C) $C : c = 220 : 210 + r$. Daher Refract. $R = B. \frac{f}{336} \cdot \frac{220}{210 + r}$ z. B. wäre $f = 26'' \; 6''' = 318'''$; $r = 30$ Grad, so hätte man die mittlere Strahlenbrechung durch $\frac{318}{336} \cdot \frac{220}{240} = 0{,}87$ zu multipliciren.

Um dieses mit *) zu vergleichen, setze man wie dort $f = 336 + b$; $r = 10 + a$, so erhält man $R = B. \left(1 + \frac{b}{336}\right) \cdot \frac{220}{220 + a}$, und wenn man den Nenner bei b in 1000 verwandelt, im letzten Factor aber die Division wirklich anstellt

$$**)\ R = B. \left(1 + \frac{3b}{1000}\right) . \left(1 - \frac{a}{220 + a}\right)$$

Man sieht nun aus der Vergleichung von *) und **), dafs die beiden Sätze: Die Aenderungen der Refraction durch die Wärme seien den Aenderungen des Thermometers proportional, und: die Refraction verhalte sich wie die Dichte der Luft, nicht zugleich mit einander bestehen können. Der erste gäbe die Berichtigung wegen der Wärme $\frac{a}{220}$; der zweite giebt sie $\frac{a}{220 + a}$, welches nur dasselbe sein kann, wenn man sich verstatten darf, a als unbeträchtlich gegen 220 anzusehen.

Die Astronomen berechnen immer die Berichtigung der mittlern Strahlenbrechung nach der Formel **), deren Prinzip weit eher, als das der andern in der Natur Statt zu finden scheint.

Wenn man mehr Rücksicht auf *Mayers* Thermometerskale nimmt, so mufs man an Statt 220 die Zahl $213\frac{1}{3}$ setzen; übrigens sieht man leicht,

dafs bei Barometerständen unter 28 Zoll, und Thermometerständen unter 10 Grad b und a negativ zu nehmen sind

In der Sammlung der Berliner Tafeln (B. III, p. 230, 231) findet man die Werthe der in B zu multiplicirenden Zahlen für den Barometerstand von 2 zu 2 Linien, und für den Thermometerstand von Grad zu Grad. Auch giebt *de la Lande* (*Exposition du calcul astronom.*, Paris 1762, 8. p. 251 f.) eine Brechungstafel nach *de la Caille*, wo die Berichtigung der Wärme für jeden Grad der Wärme nach Reaum. = $\frac{1}{170}$ angenommen ist.

Genauere theoretische Untersuchungen über die Wirkung der Wärme und der Elasticität der Luft findet man bei *Euler* (*Mémoires de Berlin*, 1756, p. 131) und *de la Grange* (*Nouv. Mémoir. de Berlin*, 1772, p. 259.)

Eine der vorzüglichsten Wirkungen der astronomischen Refraction ist die, dafs die Sterne höher erscheinen, als sie wirklich stehen; daher mufs man von der scheinbaren Höhe eines Sterns seine Refraction subtrahiren, um die wahre Höhe desselben zu finden. Auch verursacht die Strahlenbrechung, dafs wir die aufgehenden Gestirne schon im Horizonte gewahr werden, wenn sie noch unter denselben stehen, und dafs sie beim Untergange noch eine Zeitlang sichtbar bleiben, wenn sie gleich schon unter dem Horizonte sich befinden. Weil die Horizontalrefraction etwa 32 Fufs beträgt, und der scheinbare Durchmesser der Sonne und des Mondes beinahe eben so grofs ist, so verursacht dieses, dafs die Sonne und der Mond beim Aufgehen um die Gröfse ihrer Durchmesser noch ehe sie wirklich in den Horizont kommen, sichtbar sind, so wie sie beim Untergange um diese Gröfse über dem Horizonte bleiben, wenn sie schon unter demselben stehen. Nach *Kästner* (Astronomische Abhandl. Samml. I, Göttingen 1772, 8. S. 410) beträgt dieses in Zeit bei der Sonne in unsern Gegenden, für die Aequinoctien 3 Min. 37 Sekunden

— den längsten Tag 4 — 15 —

— — kürzesten — 4 — 34 —

dafs also die Dauer unsers längsten Tages wegen der Strahlenbrechung noch um neuntehalb Minuten vergröfsert wird.

In den kalten Zonen wird der beständige Tag, der im Sommer Statt findet, durch die Horizontalrefraction um ein Beträchtliches vergröfsert, besonders da in diesen kalten Gegenden, wegen der ausserordentlich dicken Luft die Brechung sehr stark ist. Ein merkwürdiges Beispiel der Horizontalrefraction ist, dafs Niederländer, welche im Jahre 1597 in Novazembla überwinterten, den Sonnenrand schon am 21. Jan. wieder sahen, da sie ihn vermöge der Rechnung ohne die Brechung erst am 10. Febr. hätten sehen können. Aus diesem schon von *Kepler* (*Paralipomena* p. 138) angeführten Beispiele folgt, dafs die Horizontalrefraction dort die fast unglaubliche Gröfse von fünftehalb Grad habe. Selbst

um die Grenzen der kalten Zonen, wo eigentlich noch kein beständiger Tag Statt haben sollte, bleibt schon die Sonne wegen der Strahlenbrechung am längsten Tage völlig über dem Horizonte sichtbar. Diese merkwürdige Erscheinung sah der König Karl XI. von Schweden am 14. Jun. alt. Styls 1694 zu Torneå, und liefs sie im folgenden Jahre durch seine Mathematiker *Bilemberg* und *Spole* genauer beobachten. (*Refractio solis inoccidui iussu Coroli XI. circa solstitium aestivum* 1695 *observata*; *Acta erud. Lips.* 1697, *Febr. p.* 91.) Diese Beobachter geben ebenfalls die Brechung ungewöhnlich grofs (über zwei Sonnendurchmesser) an. Wegen der Strahlenbrechung sehen Sonne und Mond am Horizonte länglich rund aus. Es wird nemlich durch die Brechung der untere Rand mehr, als der obere erhoben, wodurch der vertikale Durchmesser verkürzt wird, indem der horizontale, weil beide Enden gleich hoch stehen, unverändert bleibt. Auch ist es der Strahlenbrechung zuzuschreiben, dafs man oft bei Mondfinsternissen beide Sonne und Mond zugleich über dem Horizonte sieht, ob sie gleich wirklich dem Durchmesser nach einander gerade gegenüber stehen müssen. Ueberdem scheinen die merkwürdigen Erscheinungen irdischer Gegenstände, da nemlich Objecte über dem Horizonte erhoben, manchmal ganz in der Luft schwebend, und zwar doppelt, ein Mal in ihrer natürlichen aufrechten Stellung, und dann wieder das Unterste zu oberst erscheinen, von der Strahlenbrechung ab zu hängen. Phänomene dieser Art sind schon eine geraume Zeit bekannt gewesen, und *Büsch* suchte sie aus der Strahlenbrechung zu erklären. Vor einiger Zeit hat *Huddarts* (*Philosoph. Transact. for.* 1797) ähnliche Erscheinungen beobachtet, und sie ebenfalls aus der Strahlenbrechung abgeleitet. Er meint, es liefsen sich dieselben nicht anders erklären, als wenn man annehme, die Dichtigkeit der Luft nehme von oben herab, bis auf eine gewisse Entfernung von der See zu, alsdann aber, und bis zur gänzlichen Berührung mit der See hin, wieder ab, wodurch dann, innerhalb dieser letzten Luftschichte, der Weg des Lichtes eine seinem gewöhnlichen Gange in der Atmosphäre entgegen gesetzte Krümmung annehme, welche die Erscheinung desselben Gegenstandes in verkehrter Stellung bewirke. Weil aber die Grenze dieser Luftschicht durch die Verschiedenheit der Ausdünstung der See verschieden bestimmt werde, so lasse sich die Tiefe des Horizonts, die man bei astronomischen Beobachtungen zur See so oft gebrauche, nicht sicher angeben.

Endlich hat auch die Refraction des Lichtes in der Atmosphäre auf die scheinbaren Orte irdischer Höhen, also auch auf die geometrische Höhenmessung Einflufs. Letztere haben besonders *Tobias Mayer* (*de refractionibus obiector. terrestr. Götting.* 1751) und *Lambert* (*Propriétés de la route de la lumière*, *p.* 87 *sqq.*) untersucht. *Lambert* nahm an, dafs die krumme Bahn des Lichts sehr nahe ein Kreisbogen sei, wozu ein Halbmesser gehört, der sieben Mal

grösser, als der Halbmesser der Erde ist. In einer Tabelle giebt er an, wie viel von der scheinbaren Höhe eines Berges abzuziehen ist, wenn man die Entfernung desselben weifs. Z. B. in einer Entfernung von 21388 Toisen mufs man die Höhe um 10 Toisen vermindern, die Verminderungen in andern Distanzen verhalten sich wie die Quadrate der Distanzen. Auf diese Art berichtigte *Lambert* die Höhen einiger von *Cassini* gemessenen Berge, und fand sie nun mit den barometrischen Höhenmessungen völlig übereinstimmend. Ueberdem mufs aber auch hiebei auf den Einflufs der Wärme und der Dünste Rücksicht genommen werden, welcher so stark ist, dafs *Nettleton* (*Philosoph. Transact. abridgeds* 1725, Vol. VI, p. 161; Priestley's Geschichte der Optik, aus dem Englischen durch Klügel, Th. II, p. 371) die scheinbare Höhe des nemlichen Hügels aus seinem Hause gesehen, an einem Tage um 30 Min. grösser, als am andern fand.

Ausser den Schriften der Pariser Akademie in denen häufig von der Strahlenbrechung gehandelt wird, sind in Hinsicht auf diese Lehre besonders zu empfehlen: *Bode* (kurzgefafste Erläuterung der Sternkunde, §. 217 u. f.; Kästner Anfangsgründe der Astronomie, 1792, §. 136 u. f.; Wolfii *elementa astronomiae*, *Cap. VII, de refractione et parallaxi fixarum*; de la Lande astronomisches Handb., aus dem Franz. Leipzig 1775, 8. Buch VI, p. 475 f.; de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre, aus dem Franz. Th. II, Leipzig 1778, 8. Abtheil. V, Cap. III, p. 384 f.)

Ueber die Geschwindigkeit, mit der das Licht die Luft durchstreicht, sehe man B. I, p. 4 der Erfahrungen über die allgemeiner verbreiteten Potenzen.

Weigel sagt, (Marats physische Untersuchungen über das Feuer, aus dem Französischen von Weigel, p. 54) der stärkste Luftzug sei nicht vermögend, die Richtung der durch ein Brennglas gesammelten Strahlen zu verändern. *Kunkel* bemühte sich vergebens, zwischen dem Brennglase und dem zündenden Brennpunkte die „Materie des Lichts" zu verjagen. (Joh. Friedr. Mayer's chem. Versuche u. s. w. Hannover 1770, p. 245.) *Engel* bemerkt, (Versuch über das Licht, Berlin 1800. p. 83) das Licht, so sehr es sich auch mitten in Luft und Wasser befinde, werde durch die Bewegung dieser Materien, wie heftig sie immer sei, von seinem Wege nicht abgeworfen; seine Strahlen kommen durch alles Toben und Tosen von jenen in nicht die mindeste Verwirrung; kein Sturm verwehe auch nur eine Partikel von Licht; es lasse sich nicht in die Wirbel, die in der Luft entstehen, mit hinein reissen, sondern gehe immer ruhig und ungestört seinen Gang fort, wenn es zuweilen nicht anders scheine, als ob es hin und her geworfen werde, oder als ob es fluthete, so sei das blofse Sinnentäuschung, die mit nur einiger Aufmerksamkeit sehr

leicht zerstreut werden könne. 1) Um die Unabhängigkeit des Lichts von der Unruhe der dasselbe umgebenden Luft auf das deutlichste zu erkennen, denke man sich einen Freund der Optik, der in seinem Zimmer mit Wiederholung der Newton'schen Versuche beschäftigt sei; man lasse die Luft völlig heiter und von keiner Wolke getrübt sein, aber einen heftigen Sturm — denn Sturm setzt nicht nothwendig trüben Himmel voraus — die ganze Gegend durchwüthen, und Alles unter und über kehren. Wenn nur das Haus des Beobachters fest steht, und er seine Versuche mit der gehörigen Aufmerksamkeit und Sorgfalt anstellt, so wird uns nach dem, was wir vom Lichte wissen, wegen des Gelingens dieser Versuche trotz dem Sturme keinen Augenblick bange werden.

Nach *Börhave* betrug die Wärme in einer fünfzölligen Entfernung vom Brennpunkte des Vilettischen Spiegels kaum 190° Fahr. *De Luc* sagt, (*Lettres sur l'histoire de la terre et de l'homme T. V*; Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte, B. II, Leipzig 1782, p. 666) die Luft scheine im Brennpunkte kaum erwärmt; 2) *Sennebier* (physikalisch chemische Abhandlungen über den Einfluſs des Sonnenlichts, Th. III, p. 127), *de la Metherie* (über reine Luft u. s. w., aus dem Franz. Th. I, p. 39) und *Kirwan* (Crell's Annal. B. I, J. 1784) erwähnen, der Brennpunkt des Brennspiegels in der Luft sei nicht sehr warm; *Rosenthal* sagt: (in s. natürl. Magie, B. XVIII, p. 82) die Sonnenstralen, welche vermittelst des Brennspiegels durch die Luft gehen, erzeugen am Punkte, wo sie sich durchkreuzen, keine Wärme; auch *Heinrichs* behauptet (in s. Preisschrift vom Lichte, p. 281) die Luft werde im Brennpunkte eines Brennglases nicht erwärmt.

De la Metherie führt (a. a. O.) an, das Licht auf hohen Bergen habe fast gar keine Wärme, es erhalte sie nur in den niedrigsten Gegenden der Atmosphäre. *De Saussure* (Reisen durch die Alpen, Th. IV, Leipz. 1788, p. 107) behauptet, die Kraft der Brenngläser und Brennspiegel sei in allen Höhen gleich; und setzt hinzu: „dies ist einer der ersten Versuche über die Berge, den ich schon im fünfzehnten oder sechszehnten Jahre meines Alters gemacht habe. Ich suchte in Genf ein Brennglas, das klein genug war, um nur allein die Kraft zu haben, Zunderschwamm anzuzünden; mit diesem gleichen Schwamme und gleichen Glase stieg ich auf den Gipfel des Saleve, und sahe daselbst, daſs er sich wie in der Ebene, ja selbst auch noch etwas geschwinder entzünde. Herr

1) *So ist es z. B. offenbar, daſs das Flackern der Fakeln, Kerzen, Lampen, im Winde den mit dem Lichte aus dem brennenden Körper zugleich ausgetriebenen fremden Theilen zuzuschreiben ist.*

2) *De Luc* führt diese Beobachtungen als einen Beweis für seine Meinung, daſs die Sonnenstrahlen nicht selbst warm seien, sondern nur Wärme entbinden, an.

de Luc leugnet diese Thatsache nicht; er glaubt vielmehr, „die Wirkung der Brenngläser sollte in einer dünnern Luft stets stärker werden, und dies zwar aus zwei Ursachen: erstens, weil die Sonnenstrahlen durch Reflection und Refractionen daselbst weniger zerstreut werden, und zweitens, weil die Oberfläche der dem Brennpunkte blos gesetzten Körper minder durch die Atmosphäre gedrükt werde, und also das flüssige Feuerwesen in dem Innern derselben entwickelt, mit gröfserer Geschwindigkeit heraus treten, und ihre Theilchen leichter zerstreuen könne." (*Histoire de la Terre*, *T. V*, *p.* 592.)

De Luc, der diese Stelle aus *Saussure* (in s. neuen Ideen über Meteorologie, aus dem Franz., zweiter Theil, p. 255) anführt, sagt darüber: „Dies denke ich in der That, und beweifst der Versuch des Herrn v. *Saussure*, so wie die Versuche aller Physiker, welche die Sonnenstrahlen auf der Ebene nöthig haben. Dr. *Priestley* hat oft bei seinen Versuchen mit dem Brennspiegel bemerkt, dafs, obgleich keine Wolken da waren, und die Luft durch die Sonnenstralen sehr erwärmt war, sie im Brennpunkte wenig Kraft hatten, weil sie beim Durchstreichen der Luft sich stark verminderten. Alle eigenthümlichen Wirkungen der Sonnenstrahlen sind gröfser in den obern Luftschichten, als in den untern." *Lamarck* äufsert sich (*Recherches sur les causes des principaux faits physiques*, *à Paris*, *an. II*, *d. l. R. p.* 264.) hierüber folgendermafsen: Bringt man in den Brennpunkt des Brennspiegels oder der Brennlinse keine Materie, so entsteht keine wirkliche Wärme. Brächte der Lichtkegel für sich Wärme in der Luft hervor, so müfste sich nothwendig über diesem Kegel eine aufsteigende Luftsäule befinden, und man würde schon eine besondere Wärme bemerken, wenn man sich diesem Kegel nur näherte; die bekannten Thatsachen bestätigen aber keineswegs die Existenz ähnlicher Phänomene.

Guyton Morveau sagt: (*Encyclopédie méth. d. Vol. I*, p. 768) man dürfe nicht zweifeln, dafs zwischen Luft und Licht Verwandtschaft Statt finde; die Luft sei nicht nur ein refringirendes Mittel für das Licht, sondern *Berthollet* habe auch gezeigt, dafs das Licht dem Sauerstoff, der nur lose gebunden sei, leicht die Gasform wieder gebe; dies setze Verbindung voraus.

Nach *Spallanzani's* Beobachtungen (*Chimico esame degli esperimenti del sig. Göttling sopra la luce del fosforo di Kunkel osservata nell' aria comune ed in diversi fluidi aëriformi permanenti nella qual occasione si esaminano altri fosfori posti dentro ai medesimi fluidi*, *e si cerca se la luce solare quasti il gas ossigeno*, *siccome pretende questo chimico* — *In Modena* 1796, gr. 8.; *Scherer's* allgemeines Journal der Chemie, B. III. p. 487) verändert das Licht die atmosphärische Luft gar nicht.

Anhang zu Luft und Licht.

Climatologie.

Die verschiedenen Modificationen des Verhaltens des Lichts, (des Standes der Sonne) zu der Atmosphäre, sind immer der Hauptgrund des verschiedenen Clima's. Wer es gefühlt und gesehen hat, dafs wir vier Jahrszeiten haben, und nun bedenkt, dafs, wenn der Sonnenstand sich seinem höchsten Punkte nähert, der Frühling kommt, und wenn er sich dem niedrigsten nähert, der Herbst anfängt; dafs beim höchsten Stande der Sonne heisser Sommer, und beim niedrigsten eisiger Winter den gemäfsigten Erdgürtel überzieht, der wird diesen Satz schwerlich zu läugnen wagen. Wir halten uns demnach für berechtigt, hier die Climatologie abzuhandeln. Weil indessen diese Abhandlung sich nicht auf das reine Verhalten des Lichts zu der Luft beschränken kann, so geben wir sie in einem, durch eigenthümliche Ueberschrift hinlänglich gesonderten, Anhange. Wir werden dabei besonders der trefflichen Anleitung des Herrn *Lampadius* (Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie, Freiberg 1806, p. 217) folgen.

Unter Clima versteht man in neuern Zeiten fast allgemein die specifische Beschaffenheit der Atmosphäre gewisser Gegenden. Man unterscheidet hie und da das wahre, solarische und rationale Clima, und versteht unter erstem das wirkliche Verhalten der Jahrszeiten, unter dem zweiten die Beschaffenheit der Atmosphäre, die von der Sonne abhängt, und unter dem letztern das Clima, das zugleich von allgemeinen Ursachen abhängt.

Das Clima eines Orts richtet sich besonders nach der Menge des auffallenden Sonnenlichtes, und nach dem Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen auffallen und wieder zurück geworfen werden.

Ganz besonders hängt die Wärme eines Ortes von dem Einflusse der Sonne ab, (man vergleiche hiemit was oben bei der Wärme der Luft gesagt ist), aber auch viele andere Meteore werden durch denselben modificirt. Die abweichende gröfsere oder geringere Entfernung der Erde von der Sonne hat auf die Erwärmung der Erdkugel wenig Einflufs, und dieser wird durch die Richtung der Sonnenstrahlen ganz unmerklich gemacht. Wenn man die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zu 10000 annimmt, so ist sie in der Sonnenferne etwa 10168, und in der Sonnennähe 9832. Die mittlere Entfernung ist nun in der Wirklichkeit 20 Millionen geographische Meilen, daher kann bei dieser ungeheuren

Climatologie.

geheuren Entfernung die Differenz von 30 zu 29 keinen starken Unterschied zuwege bringen. Im December ist die Sonne der Erde am nächsten, aber auf der nördlichen Halbkugel hebt wegen des schrägen Auffallens der Strahlen gerade zu dieser Zeit der Winter an. Die Länge des Verweilens der Sonne über einem Orte überwiegt noch die Wirkung des senkrechten Auffallens, wenn die Strahlen nur nicht gar zu schräg auftreffen. Die Summe aller Wärmegrade sollte sich, wenn es blos der Länge des Aufenthalts der Sonne über einem Orte nachginge, ziemlich gleich verhalten, da, wenn unter dem Aequator Tag und Nacht in 24 Stunden gleich wechseln, an den Polen ein halbjähriger Tag die halbjährige Nacht ersetzt. Aber neben der Richtung der Strahlen ist auch noch in Erwägung zu ziehen, dafs die halbjährige Nacht zu viel Flüssiges in Festes verwandelt, welches wieder zu erweichen grofsen Aufwand der Wärme des folgenden Tages erfordert.

Wäre die Erdfläche auf einerlei Art geformt, und aus einerlei Materie gebildet, so würde man durch Berechnung die Wärme eines jeden Ortes zu verschiedenen Zeiten auffinden, und auch Tafeln für die mittlere Wärme unter jeder Breite verfertigen können. *Mayer* gab unter andern Formeln zu dieser Berechnung an, bei der im Gebrauch die Fehler durch Gleichungen aufzuheben wären, und *Kirwan* hat wirklich dergleichen Berechnungen, so wie auch solche, bei denen er auf die durch das Local bewirkten Störungen des solarischen Clima's Rücksicht nahm, unternommen. Diese Berechnungen treffen auch mit den wirklichen Beobachtungen ziemlich gut zusammen.

Nach letztern ist die mittlere Wärme von

		Nach Berechnung ohne Rücksicht auf das Local.
1) 59° 56′ N. B.	Petersburg . .	3, + 0 = 5,7 + 0
2) 59° 20′ N. B.	Stockholm . .	4,4 + 0 = 5,0 + 0
3) 52° 31′ N. B.	Berlin . . .	7,5 + 0 = 8,4 + 0
4) 51° 31′ N. B.	London . . .	8,4 + 0 = 8,8 + 0
5) 48° 50′ N. B.	Paris . . .	8,8 + 0 = 9,7 + 0
6) 48° 12′ N. B.	Wien . . .	8,4 + 0 = 9,8 + 0
7) 44° 50′ N. B.	Bourdeaux . . .	11,3 + 0 = 11,5 + 0
8) 43° 17′ N. B.	Marseille . .	12,9 + 0 = 12, + 0
9) 36° 49′ N. B.	Algier . . .	17,7 + 0 = 14,6 + 0 (Diese Differenz kommt von der Nähe der Sandwüsten.)
10) 15° 20′ N. B.	Manilla . . .	20,4 + 0 = 21,3 + 0
11) 11° 20′ N. B.	Pondichery . .	24,8 + 0 = 22,2 + 0
12) 0° 13′ S. B.	Quito . . .	13,3 + 0 = 23,1 + 0 (Diese Differenz ist der erhabenen Lage zuzuschreiben)

Climatologie.

Die wahre mittlere Wärme eines Orts wird jedoch nur durch mehrere Jahre anhaltende Beobachtungen mit voller Zuverläſsigkeit angegeben.

Die Extreme der Wärme und Kälte treffen fast an keinem Orte (es müſste denn zufällig sein) zur Zeit der Sonnenwenden ein. Am Aequator ist es beinahe der Fall, aber je weiter den Polen zu, um so mehr kommt das Maximum nach. Im 60° N. B. ist Ende Julius gewöhnlich das Extrem der Wärme und Ende Januars jenes der Kälte. Aber auch hier wirken Zufälligkeiten in der Atmosphäre; so trift es sich wohl, daſs in dieser Breite der heisseste Tag des Jahrs im Anfang des Junius, und der kälteste im März fällt.

Die Extreme der gröſsesten Kälte fallen mitten ins feste Land von Sibirien zwischen 60 und 70° N. B. und ins Kupferland in Nordamerika ebenfalls 60 — 70° N. B. Das Quecksilber ist daselbst oft Wochenlang gefroren. Der Julius und August giebt doch oft über 20° + Reaum.

Die Extreme der gröſsten Wärme zeigen sich in den Sandwüsten Afrika's zwischen 10 und 20° nördlicher Breite, gegen 40° + 0 im Schatten, und über 50° + 0 in der Sonne. Wenn aber die Sonne den Norden schon lange erwärmt hat, so steigt auch da die Wärme wohl gegen 30° + 0.

Auf den Stand der Sonne gegen die verschiedenen Erdregionen gründet sich die Eintheilung der Erdoberfläche in Zonen. Die heisse Zone zwischen den beiden Wendezirkeln nimmt 398 Theile ein, wenn die ganze Fläche zu 1000 angenommen wird. Die Sonne geht fast lothrecht auf und unter, und jeder Ort hat dieselbe jährlich zwei Mal im Zenith Der längste Tag hat höchstens 13½ Stunde nahe an den Wendezirkeln, und der kürzeste 10½ Stunde. Das Thermometer fällt wenigstens in den nördlichen Breiten nicht unter 15°. Wenn nicht ein besonderes Lokal Veranlassung giebt, so sind die Extreme der Wärme nicht besonders. Der Wechsel der Jahrszeiten besteht in der Abwechselung von Trockenheit und Regenwetter in ziemlich regelmäſsigen Perioden. Diesseits der Linie trift die Regenzeit zwischen den Frühlings- und Herbstäquinoctien, und jenseits derselben umgekehrt. Die gemäſsigten Zonen von den Wendezirkeln bis zu 23½ Grad von den Polen nehmen 520 Theile der Erdoberfläche ein. Der Unterschied zwischen Tag und Nacht wird gröſser. In der Nähe des Polarzirkels wachsen die längsten Tage bis zu 24 Stunden an. Die Dämmerung wird länger, und dauert nach Norden zu schon die ganze Nacht. Die Extreme zwischen Wärme und Kälte sind sehr beträchtlich, und es findet ein vierfacher Wechsel der Jahrszeiten Statt. Die kalte Zone liegt innerhalb der Polarkreise. Mitten unter dem Pole scheint die Sonne ein halbes Jahr mit sehr schiefen geschwächten Strahlen, und ein halbes Jahr ist kalte Nacht. Schon in 76½ Gr.

Climatologie.

Breite dauert der längste Tag einen Monat. Die Dämmerungen sind sehr lang, daher sind die Polarnächte eigentlich nur 3 Monate lang; die übrigen 3 Monate ist Dämmerung. Es giebt eigentlich nur 2 Jahrszeiten. Die Kältegrade sind heftig, aber die Wärme, zumal den Polen näher, selbst im Spätsommer nicht über 15 — 16° +, und letzteres noch dazu sehr selten.

Unter Jahrszeiten versteht man den einigermaſsen periodischen Gang der Witterung (der Beschaffenheit der Atmosphäre) in den verschiedenen Gegenden der Erde, während eines Umlaufs der Erde um die Sonne. Regelmäſsige Abschnitte der Jahrszeiten für die ganze Erde aufzustellen, hat seine groſsen Schwierigkeiten, weil 1) die Art der Erdoberfläche die Witterung mannigfaltig modificirt, und 2) weil sich die Grenzen der Jahrszeiten sehr in einander verlaufen. Herr *Lampadius* nimmt folgende Jahrszeiten an:

a) Den immerwährenden nur mit Naſs und Trocken wechselnden Sommer am Aequator bis gegen die Wendezirkel hin;

b) Den Wechsel zwischen Frühling und Sommer in der Nähe der Wendezirkel;

c) Den Wechsel zwischen Frühling, Sommer, Herbst und Winter in der Mitte der gemäſsigten Zonen;

d) Den Wechsel zwischen Sommer und Winter um die Polarzirkel disseits und jenseits etwa 10 Grad;

e) Den immerwährenden nur durch seltene Frühlingstage unterbrochenen Winter der Pole.

Den nassen Sommer, die Regenzeit, die tropischen Regen, begreift man auch unter dem Namen des Winters innerhalb der Windezirkel. Die Hitze ist drückend, und die Luft mit Wasserdampf und Wolken überladen. Die Feuchtigkeit ist so groſs, daſs das Eisen in wenigen Jahren rostet. Es giebt keinen Staub, und todte organische Körper verfaulen mit sehr groſser Schnelligkeit, so wie die meisten mit Fäulniſs verbundenen Krankheiten herrschen. Einzelne Sonnenblicke sind wegen des hohen Standes der Sonne am gefährlichsten. Gewöhnlich fängt die Regenzeit mit Strichregen und Gewittern an. Am gewöhnlichsten sind heftige Platzregen, und öfters stellen sich auch Orkane ein. Niedrige Gegenden stehen unter Wasser, und selten ist ein Tag regen- und fast nie wolkenfrei. Die Hauptursache des vielen Niederschlags in jenen Gegenden rührt nach *Lampadius* daher, daſs die Sonne z. B. auf der nördlichen Halbkugel die Erde zwischen der Frühlings- und Herbstnachtgleiche stärker erwärmt, und also auch eine stärkere Verdunstung hervorbringt. Da nun erstlich an dem Orte, wo die Luft am stärksten erwärmt wird, auch die

Climatologie.

stärkste Verdunstung Statt findet, zweitens die Luft aus mehr nördlichen Breiten, wo die Verdünstung im Sommer auch stärker ist, dem Aequator zugeführt wird, und endlich drittens eine erhöhete Temperatur die Wolken und Regenbildung begünstigt: so mufs auch in diesen stärker erwärmten Gegenden ein häufiger Niederschlag erfolgen. Auf der südlichen Halbkugel findet gerade das Gegentheil Statt. In einigen Gegenden ist die Regenzeit länger, in andern kürzer; in noch andern wird sie durch eine trockene Zwischenzeit unterbrochen. Gebirge, Sümpfe, Meere und Wälder bringen auch hier Abweichungen zuwege. Während des trocknen Sommers ist die Luft gröfstentheils heiter, mitunter auch bedeckt und wolkicht; in einigen Gegenden giebt es sehr selten, in andern gar keinen Regen. Die Hitze ist wegen der Trockenheit der Luft erträglicher, und die Küsten werden durch Seewinde, so wie durch stark fallenden Thau abgekühlt. Die Winde wehen aus ziemlich gleicher Richtung. Es ist die angenehmste Jahrszeit; doch haben einige Länder während dieser Zeit ihre grofsen Plagen. Es giebt ungeheure Dürren, wobei Gräser und Kräuter vertrocknen; nur einige Saftgewächse stehen als Schwämme für das Wasser in der Luft da. Es wehen sandige heifse Winde. Die Dürre verursacht Halsschmerzen, Lippen- und Hautbersten, und die Augen sind in sandigen Gegenden entzündet. Auf höhern Bergen und auf Inseln und Küsten innerhalb der Wendezirkel ist diese Jahrszeit angenehm. Die Hauptursache derselben ist die geringere Verdunstung in der nordlichen Halbkugel.

Der Wechsel des Frühlings mit dem Sommer findet sich in nördlicher Breite, z. B. in der Barbarei, dem nördlichen Aegypten, Sicilien; in südlicher Breite, wo überhaupt früher eine kühlere Temperatur herrscht, auf Otaheiti. Im Frühling herrscht eine mäfsigere Wärme, die selten 15° + übersteigt. Schnee und Eis sind nur auf höhern Bergen etwas unter der Sonnenschneelinie sichtbar. Die durch die Sonnenhitze beendigte Vegetation wird aufs Neue belebt. Sanfte Regen und Winde mäfsigen die zunehmende Wärme. Dieser Frühling wird durch keinen Schnee unterbrochen. Der Sommer ist beträchtlich heifs, bald nässer, bald trockner, indessen mehr das letztere. Beide Extreme sind nicht so anhaltend. Majestätische Donnerwetter kühlen die Luft; richten aber auch öfter grofsen Schaden an. Zuweilen erheben sich heisse erstickende Winde, doch Otaheiti ist diesen nicht ausgesetzt. Seine Lage zwischen der gröfsten Veränderlichkeit und der bestimmten Regelmäfsigkeit des Climas, Lage an der See u. s. w. geben über die Lieblichkeit seines Himmels Aufschlufs. Nahe an den Windezirkeln diesseits und jenseits finden wir noch deutliche Spuren des eben beschriebenen Wetterwechsels. Aber in den gemäfsigten Zonen zumal

Climatologie.

etwas mehr südlich oder nördlich, z. B. in Teutschland findet man die 4 Jahrszeiten; eigentlich ein fortdauerndes Gemenge aus Frühling, Sommer und Winter; denn Herbst und Winter haben in Hinsicht auf die Atmosphäre viele Aehnlichkeit. Wir hätten hier eigenthümlich zum Theil Frühlingswetter; aber grofse Hitze im Sommer, und starke Kälte im Winter verdanken wir besonders den Nachbarn. Bald giebt uns der Süden Hitze, bald der Norden Kälte, und die Extreme werden durch ihr Zusammentreffen modificirt. Die Witterung in Teutschland stellt ein wahres Bild der Veränderlichkeit dar, es ist das Aprilwetter der ganzen Welt. Zum Beweise wollen wir die Schilderung des Wetters der einzelnen Monate, so wie sie *Lampadius* (a. a. O.) giebt, hersetzen. Der eigentliche Frühlingsmonat, der Mai, hat schöne heitere Tage. Die Natur wird neu belebt. Die Wärme steigt bei Südwind bis 20° +. Ein Gewitter bringt Nordwind und Schnee: mitten im Mai 2° — 0. Blühende und grünende Bäume stehen über Fufs hohen Schnee. Der Junius ist häufig wolkicht und kühle. Schnee ist noch auf dem Riesen- und Harzgebirge zu sehen, und zuweilen fällt auch wohl neuer in der Höhe von 3 — 400 Toisen. Die Nordwinde sind noch sehr kalt. Eine Kälte von 3° + 0 bei Nordwestwind früh Morgens ist nichts seltenes. Es giebt auch wohl gar Nachtfröste. Der Julius ist warm; am gewöhnlichsten mehr nafs, als trocken. Häufige Gewitter. Es ist unter der Höhe von 600 Toisen ein eisfreier Monat. Zuweilen ist der ganze Julius kühl mit westlichen Winden. Der August ist in der Regel mehr trocken mit kleinen Gewittern. Am gewöhnlichsten sind die heissesten Tage mit O. und S. O. Winden. Der Nordwind hat seine Kälte verloren. Die Südwinde bringen wie im Julius fast immer Regen. Die Westwinde bleiben kühl. Es giebt nicht selten Dürren aus O., und zuweilen am Ende des Monats sehr kühle dem Reif nahe Nächte. Der Sommer ist kühl, wenn stets westliche Winde wehen, wobei der Himmel fast immer wolkicht ist, und heifs, wenn Ostwinde, die mehr heiteres Wetter bringen, herrschend sind. Der September kann der schönste Monat sein. Zuweilen ist er noch sehr heifs; einige Mal brachte er bei einer 15jährigen Beobachtung am Ende schon Frost und Schnee. Nicht selten ist er reich an Stürmen. Es giebt wenig Gewitter mehr. Sternschnuppen werden häufig gesehen. Der October ist ein ruhiger, mehr trüber, als heiterer Monat. Es giebt mehrere Nachfröste und Reife, zumal gegen das Ende. Der November zeigt schon mehr von der Natur des Winters. Es giebt viel trüben Himmel, und oft heftige Stürme. Der December und Januar sind die eigentlichen Wintermonate. Stürme, Schnee, Schneegewitter und Eis aller Art sind diesen Monaten eigen. Es giebt Kälte über 20° — 0. Ein anderes Mal ackert man bei

Climatologie.

7° + 0 zu Weihnachten in den Feldern. Die Sonne bringt an den hellesten Tagen Nachmittags nur einige Grad Wärme in Vergleichung mit dem Morgen. Die Luftströme und Luftzersetzungen bestimmen fast allein schnelle Temperaturveränderungen. Der Februar bringt in der Regel das dauerhafteste Winterwetter. Sehr selten bricht im Februar ein dauerhafter Frühling an. Nur dann ist dieses der Fall, wenn um diese Jahrszeit anhaltende Südwinde wehen. Das Thermometer kann nach Ende Februars bis 14° — 0 bei hellem Himmel und N. O. steigen. Es giebt besonders tiefe Barometerstände in diesem Monat. Der März kann der schönste Frühlingsmonat, aber auch noch herber Wintermonat sein. Es giebt oft durch den Wechsel der Winde und durch einfallende Gewitterregen in 24 Stunden eine Differenz von 20°. Heute steht z. B. das Thermometer 10° + 0, Nachmittags bei S. Wind. Gegen Abend kommt ein Gewitter aus N. W. Schon dieses geht in Schnee über. Der Wind wird lebhaft aus N. Der Himmel heitert sich gegen den Morgen des andern Tages auf, und das Thermometer fällt nach und nach auf 10 — 0. Der Einfluſs der Sonne auf den Schnee wird, so wie die stärkere Erwärmung am Mittage im März sehr merklich. Im März giebt es häufig Wasserschnee und Graupeln. Der April hat seltener, als der März, daurenden Schnee; doch kömmt dieser vor. Gewöhnlicher hat der Aprill Strichwetter aus W., daher er der veränderliche genannt wird. Es giebt aber auch heisse Aprile. Man hat schon 17 — 19° + ° Reaum. im April gehabt. Der April bringt oft mehrere Gewitter und Graupeln und Schlossen im Menge. Was die kühlen Sommer und gelinden Winter betrift, so kömmt es dabei hauptsächlich auf die herrschenden Winde an. Anhaltende West- und Südwestwinde bringen im Winter gelindes Wetter; im Sommer viel Wolken und kühles Wetter. Helles Ostwetter bringt im Winter Kälte, im Sommer aber Hitze u. s. w. So viel von Teutschland.

Der kurze Sommer im tiefern Norden (jenseits des Aequators in Süden) dauert etwa 6 Wochen bis drittehalb Monat. Dieses ist die einzige Periode, wo es nicht friert. Die Hitze steigt gegen 30 + 0. Die Vegetation ist äusserst lebhaft. Gewitter sind sehr selten. Es giebt viel heitern Himmel. Je näher man in nördlichen Breiten nach Süden kommt, um so bemerkbarer wird ein kurzer Frühling und Herbst. Dort geht der Winter schnell in den Sommer über; indessen ist in einigen Gegenden ein angenehmer Herbst zu finden. Die mittleren Gebürge bleiben mit Schnee bedeckt. Der Boden thauet in manchen Gegenden nur einige Fuſs tief auf. Die Küsten und Meere sind eisfrei. Die kurze Nacht besteht aus Dämmerung, und man arbeitet Nachts.

Climatologie.

Um so anhaltender ist der sieben bis zehen Monate dauernde Winter. Die heftigsten Grade der Kälte treten oft schon im November, doch häufiger im December und Januar ein. Die Pflanzenwelt ist ausgestorben, und alles ist mit tiefem Schnee bedekt. Es giebt Schnee und Eis aller Art. Das Eis der Flüsse wird in Quaderstücken umher gefahren. Man kann Gebäude aus Eis errichten. Die weitesten Reisen werden zu Schlitten unternommen. Zuweilen fällt durch einen warmen Luftstrom ein plötzliches Thauwetter ein, welches aber kaum 24 Stunden anhält, und nie die Erde von Schnee entblöst. Die Küstenmeere und Landseen frieren zu. Nordlichter erleuchten die langen Nächte. Alle Fäulnifs ist unterbrochen. Mehrere Flüssigkeiten gehen in feste Körper über. Der Athem gefriert zu Schnee, und durch den Auffenthalt in engen warmen Zimmern findet sich der Scorbut ein. Der Wasserdampf wird gröfstentheils durch Kälte zerlegt, und die Luft ist sehr trocken. Die Quellen rauchen dicke Nebel. Der Schnee knirrscht bei jedem Tritte. Erst im Mai bemerkt man das Entweichen des Winters.

Der ewige Winter der Pole ist dem so eben beschriebenen gleich; nur mit dem Unterschiede, dafs er noch anhaltender ist. Bei dem höchsten Stande der Sonne drehet sich das Thermometer um den Eispunkt herum. Kommt etwas wärmere Luft, so entstehen gewöhnlich die düstersten Nebel. Schneewetter und Graupelschauer gehören jenseits der Polarzirkel im höchsten Sommer zur Tagesordnung. Sehr selten wird diesen Gegenden eine Temperatur von 12° + 0 zu Theil.

Bei allen Beobachtungen über die Witterung eines Landes mufs man auf die Beschaffenheit der Erdoberfläche Rücksicht nehmen, weil dieselbe hier grofsen Einflufs hat. *Lampadius* unterscheidet (a. a. O.):

a) Das Alpenclima. Grofse Gebirgsreihen mit tiefen Thälern, Schneebergen und Gletschern, wie die Schweizeralpen, die Pyrenäen, die Julischen und Norischen Alpen bieten dem Meteorologen die interessantesten Schauspiele dar. In den heissen und feuchten Thälern giebt es starke Verdünstung. Gletscher und Schneeberge kühlen die aufsteigende Luft mit ihren Dämpfen ab. Wälder halten die Wolken an. Lavinen stürzen in die Thäler. Sturmwinde treiben den Schnee in die Tiefen. Wenn in den Ebenen der trockenste Sommer herrscht, so haben die Alpen ihre Wolken und Regen. Sie bewässern durch Flüsse die niedern Gegenden. In der hellesten Luft entstehen plötzlich Nebel und Gewitter. Innerhalb einiger Stunden kann man den heifsesten Sommer mit dem kalten Winter vertauschen. Die Alpen haben auch auf das Wetter im der Nachbarschaft grofsen Einflufs.

Climatologie.

b) Das Clima einzelner hoher Berge. Auf einzelnen Bergen ist die Abwechselung nicht so mannigfaltig. Man bemerkt auf ihnen eine dunklere Farbe des Himmels, lebhaftern Wind, als in den Ebenen, eine sehr trockene Luft, und geringere Wärme wegen der Höhe und Isolirung von der allgemeinen Erdwärme. Die Luft ist daselbst sehr stark elektrisch. Wegen der Verdünnung der Luft fallen die Sonnenstrahlen stärker auf, und die Hitze ist selbst auf dem Schnee sehr beschwerlich. Bei der Annäherung des regnichten Wetters lagern sich Wolken um den Gipfel des Berges.

c) Das Clima der Gebirgsebenen. Das hohe Land in Peru giebt uns dieses Clima. Es erhält seine Eigenschaft, besonders von der verdünneten und kühlen Luft. Ob es gleich in dem südlichen heissen Erdstriche liegt, so befolgt doch dort die Witterung die Veränderungen, wie in dem gemäſsigten Erdstrich der nördlichen Breiten. Man nennt hier Sommer die Jahrszeit, in welcher es nicht regnet, ob es gleich zu dieser Zeit am kühlsten ist, und am häufigsten Frostkälte eintritt. Sie fängt im Mai an, und im tiefen Lande rechnet man zu dieser Zeit den Eintritt des Winters. Sie dauert bis in den November, da der Frost aufhört. Im Niederlande verliert sich aber um diese Zeit der stets bewölkte Himmel, und der trockne Sommer tritt ein. Im Sommer erlangen die Feldfrüchte auf jenen Gebirgsebenen die letzte Reife durch den Frost bei heitern Tagen. Es giebt wenig Niederschlag und Winde. Im Winter ist der Himmel wolkig und trübe, mit naſskalten Nebeln, aber der Frost läſst nach. Das Wetter ist alsdann sehr abwechselnd mit Hagel, Regen, Donner und veränderlichen Winden. Die Wärme beträgt in bewohnten Zimmern 8 — 9 Grad + und im Schatten 5 — 6° + 0. Die stärkste Kälte im dortigen Sommer ist etwa 3° — 0. Die Temperatur ist nicht sehr veränderlich, und oft steht das Thermometer 10 bis 20 Tage in der Nähe des Gefrierpunkts. Wenn man aus den tiefern Gegenden in diese höhern kommt, so fällt die Kälte empfindlich auf, und man kann sich — wegen der starken Verdünstung in der so dünnen Luft eines Fieberfrostes nicht erwehren. Die Lippen springen auf. Durch das Steigen erhitzte Thiere fallen nicht selten todt zur Erde nieder. *Don Uloa* schreibt die Witterung des hohen Landes in Peru besonders den herrschenden stärkern oder schwächern Südwinden zu. Wenn, meint er, die Südwinde schwach oder gar nicht wehen, so bleiben die Wolken im tiefen Lande liegen, und es ist unten Regenzeit, Winter, und oben helles Wetter, Sommer mit mäſsigem Südwinde. Wenn aber die Südwinde im niedrigen Lande wehen, und sich nicht bis in die Höhe des Oberlandes erheben, wo auch um diese Zeit die Winde veränderlicher sind,

Climatologie.

sind, so zerstreuen sich die Wolken im Niederlande, während es im Oberlande mehr regnet.

d) Das Clima tiefer Ebenen zeichnet sich durch weniger Regen aus. In Thüringens Flächen ist es gewöhnlich im Sommer nur etwas trübes Wetter, wenn der Harz im völligen Regen steht. Die Wolken fliegen durch Westwind über Thüringen hin, und verdichten sich wieder im sächsischen Erzgebirge zu Regen. Der Saatzerkreis in Böhmen ist wieder ohne Regen, und im Mittelgebürge regnet es häufig. Wenn Gewitter in die Ebenen kommen, pflegen sie lange zu verweilen und heftig zu sein. Grenzen diese Ebenen an hohe Gebirgsketten, so wird durch das Zurückwerfen der Sonnenstrahlen ihre eigenthümliche Wärme sehr vermehrt.

e) Das Thalklima bietet unter übrigens gleichen Umständen die gröſste Fruchtbarkeit und die gröſsten Abwechselungen in der Temperatur dar. Am Tage prallen die Sonnenstrahlen von Bergen und Felsen mannigfaltig zurück, und es entsteht die höchste Wärme; in der Nacht bindet der verdunstende Fluſs viel Wärme, und es entsteht eine kältere Temperatur, als auf den benachbarten Bergen.

f) Das Clima waldiger Gegenden zeichnet sich durch Erhaltung gröſserer Kälte in den gemäſsigten Erdstrichen, und Erhaltung gröſserer Hitze in den heissen Erdstrichen aus. Das alte Germanien und das jetzige Nordceylon dienen hier zum Beweise. In den Wäldern des letztern ist die feuchte Hitze wegen Mangel an bewegter Luft erstickend. Bindung der Wärme durch Vegetation, Anziehen der Wolken, Schattengeben und Verhinderung des Luftwechsels sind hier die wirkenden Ursachen.

g) Das Clima der Sandwüsten und Steppen zeichnet sich besonders durch groſse Hitze und Trockenheit aus. Auf dem heissen unbewachsenen Sande erzeugt das Sonnenlicht starke Hitze. Wenig Wärme wird durch Ausdünstung gebunden. Gestorbene Thiere vertrocknen ohne Fäulniſs.

h) Diesem gerade entgegengesetzt ist das Clima der flachen Sumpfländer. Die stete Verdunstung erregt Kühle. Die Luft wird mit Wasserdampf überladen, und häufige Nebel bedecken die Flächen.

i) Das Küsten- und Inselklima hat stets Mäſsigung, sowohl in der Kälte, als Wärme. Das Meer ist gleichmäſsiger durch die allgemeine Wärme der Erde erwärmt, und ändert als schlechter Wärmeleiter seine Wärme nicht leicht. Nach *Rumford's* Bemerkung fallen im Winter bei ruhiger See die erkälteten specifisch schwerern Wassertheile in den Meeren nieder, und wärmere steigen stets auf. Im Sommer werden umgekehrt die stärker erwärmten mehr

Climatologie.

obenauf schwimmend erhalten, daher sich das Meer nicht in große Tiefen erwärmen kann. — Aus dem Einflusse der Seeluft läßt sich zum Theil der Unterschied so verschiedener Temperaturen in gleichen Breiten erklären.

Die Beschreibung des Climas der einzelnen Länder und Meere überlassen wir der Geographie.

Atmosphärische Luft und Wärme.

Da die Capacität der atmosphärischen Luft für Wärme mit ihrer specifischen Wärme gleich ist, so sehe man die Erfahrungen darüber bei den Eigenschaften der Atmosphärischen Luft.

α. Ausdehnung der Luft durch Wärme.

Durch die hinzukommende Wärme wird bei gleich großem Druck das Volumen der atmosphärischen Luft vermehrt, ihre specifische Schwere folglich vermindert; die dünnere wärmere Luft steigt in die Höhe, und es dringt kältere dichtere Luft in den verlassenen Raum ein. 1) (*Sanctorius*, *Mémoires de l'Acad. à Paris*, *an.* 1706, p. 434; Drebbel, Lambert's Pyrometrie, p. 13 u. 26; Franklin, Sammlungen zur Physik und Naturgesch. B. II, Leipzig 1782, p. 249; Macquer in s. chem. Wörterb., herausgegeb. v. Leonhardi, B. IV, p. 79; Kirwan in s. phys. chem. Schriften, übers. durch v. Crell, B. IV, p. 41; Euler in s. Briefen über verschied. Gegenstände der Naturlehre, a. d. Franz. durch Kries, B. I, p. 87, u. B. III, p. 258; Weber über die gemeine und durch Auflösung entwickelte Luft, Landshut 1785, p. 137; Pictet in s. Vers. über das Feuer, aus d. Franz., Tübingen 1790, p. 35; Fischer in s. phys. Wörterb. B. III, p. 317; Halle in s. natürl. Magie, B. II, p. 325.) Durch Erkältung wird hingegen bei demselben Drucke das Volumen dieser Luft vermindert, und also ihre specifische Schwere vermehrt. (Lambert bei Luz von Barometern, Anhang die Thermometer betreffend, p. 38; Luz a. a. O. p. 43; Halle in s. natürl. Magie, B. I, p. 89.) Setzt man bei Applikation der Wärme der Ausdehnung der Luft Schranken, so wird ihre Elasticität, nach dem Maaße der angewandten Wärme, vermehrt, und zeigt dann eine

1) *Dadurch wird die Wärme eine Hauptursache der Winde. Ueber die Winde findet man B. II, Abth. I, p. 289 u. f. alles bei einander.*

um so gewaltsamere Ausdehnung, wenn der Widerstand plötzlich gehoben wird, oder sie stark genug ist, denselben plötzlich durch ihre Ausdehnung mit einem Male zu überwinden. (Kratzenstein's Vorles. über Experimentalphys. Kopenhagen 1787, p. 87; Weigel in der Sammlung vermischter Abhandl. jetzt lebender Scheidekünstler, Hamb. 1782, p. 19; Weber über Luft, Landshut 1785, p. 37 und Andere.) Als Beispiel der Ausdehnung der Luft durch Wärme kann folgender leicht gemachter Versuch dienen: Wenn man in eine Blase eine Quantität atmosphärische Luft läſst, welche nicht hinreicht, dieselbe aufzublasen, sie dann über ein glühendes Kohlfeuer oder einen warmen Ofen bringt, so wird sie sehr stark ausgedehnt, und wenn man mit der Anwendung der Wärme fortfährt, endlich gesprengt werden. Auf dieselbe Weise werden Oefen durch die Luft zersprengt, deren oberer Ausgang zu enge ist, alle die unten durch einen weitern Eingang eindringende und durch das Feuer ausgedehnte Luft geschwind genug durchgehen zu lassen. (Weigel a. a. O.) Aus allem diesem ist klar, daſs, wenn man die Elasticität der Luft genau bestimmen will, man ausser ihrer Dichtigkeit auch die Wärme derselben berücksichtigen muſs. (bei Euler a. a. O. B. I. p. 89; bei Kratzenstein a. a. O. p. 87; Thenn's Versuch einer neuen deutlichen Erklärung der Kälte u. s. w., Augsburg 1764, p. 16; Fischer's phys. Wörterb. p. 87.) Schon der kleinste Zuwachs an Wärme bewirkt die Ausdehnung der Luft und die Abnahme derselben zieht sie augenblicklich in allen ihren Theilen zusammen.

Hierauf beruhet die Anwendung der Luft zu einem vergleichenden Wärmemaaſs.

Der berühmte Arzt *Sanctorius* zu Padua führte (in s. *Commentar. in Galenum art. med.* u. *Commentar. in Avicen. Tom. I.*) an, daſs er ein Instrument erfunden habe, das zur Erforschung der verschiedenen Temperatur des Körpers der Kranken diene. Dieses Instrument war eine nach unten gekrümmte enge gläserne Röhre, an der sich zwei gläserne Kugeln, die eine am obern, und die andere am untern gekrümmten Theile befanden. Das Innere der obern Kugel war ausser Verbindung mit der äussern Luft, und so wie ein Theil der Röhre, mit Luft gefüllt; der übrige Raum in der Röhre, so wie ohngefähr die Hälfte der untern an ihrem obern Theile mit der Atmosphäre communicirenden Kugel, war voll Wasser, das, um sein schnelles Gefrieren zu verhindern, mit Scheidewasser vermischt war. Wurde nun die Luft der obern Kugel durch die Wärme ausgedehnt, so verursachte sie durch ihren Druck, daſs das Wasser in der Röhre fiel, wurde sie hingegen durch Erkältung verdichtet, erlaubte sie dem Wasser anzusteigen. Der jüngere *de la Hire* sagt: (*Mém. de l'Acad. à Paris*, *an.* 1706, p. 434) von diesem Thermometer, es sei dasselbe, wenn sein Gang gleich einige Unregelmäſsigkeiten gezeigt habe, doch von

allen Naturforschern sehr interessant gefunden, und man habe sich desselben bis zur Erfindung des Barometers bedient; *Musschenbroek* hingegen bemerkt, (*Introd. ad philosoph. natural. T. II.* §. 1565) es sei dieses Instrument den Auswärtigen nicht bekannt gewesen, und die frühe Verbreitung des Thermometers in England und Holland von dieser Quelle nicht abzuleiten. Letzteres wird auch dadurch sehr wahrscheinlich, dafs die meisten die erste Erfindung des Thermometers nach *Delanié* (*Traité des barometres thermometres et notiometres, Amst.* 1688) dem *Cornelius Drebbel*, einem Landmann aus Alkmar in Nordholland, (gebor. 1572, gestorb. 1634), der im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts ein Wärmemaafs beschrieb, zuschreiben. Man sehe hier über die Entdeckung des Thermometers überhaupt B. II, Abth. I, p. 343 f.; hier beschäftigen wir uns nur mit den Luftthermometern.

Das Drebbel'sche Luftthermometer ist dem des *Sanctorius* sehr ähnlich. Eine gläserne Kugel, an der sich eine enge Röhre angeblasen befindet, wird erwärmt, damit ein Theil der Luft hinaus getrieben werde; darauf setzt man die Oeffnung der Röhre in ein offenes Gefäfs, worin eine gefärbte Mischung aus Wasser und Scheidewasser befindlich ist. Sobald nun die Kugel erkaltet, zieht sich die Luft in ihr wieder zusammen, und die Flüssigkeit dringt in die enge Röhre. Es wird demnach, je gröfser die Wärme war, die Flüssigkeit desto höher, je geringer, desto niedriger in der Röhre stehen. Beide Thermometer konnten in der beschriebenen Gestalt an eine Tafel befestigt werden, an der man längs der Röhre eine Skale mit beliebigen Abtheilungen als Thermometergrade angebracht hatte. Diese Thermometer hatten aber bei ihrer sonst grofsen Empfindlichkeit den wesentlichen Fehler, dafs auf ihren Stand nicht nur die Veränderungen der Wärme und Kälte, sondern auch der Druck der Atmosphäre Einflufs hatte, dafs sie also wie Barometer und Thermometer zugleich wirkten, ohne die Dienste von einem dieser Instrumente allein völlig zu leisten. Drückt nemlich die Luft stärker, so wird die Flüssigkeit im Glase höher hinauf gezwungen, und nimmt der Druck der Atmosphäre ab, so erfolgt das Gegentheil; das Wasser sinkt, und es entsteht demnach dieselbe Wirkung, als ob die Wärme zugenommen hätte. Ferner fehlte man im ganzen 17ten Jahrhundert sehr darin, dafs man nicht bestimmte, bis zu welcher Höhe die Flüssigkeit in der Röhre bei der ersten Einrichtung ansteigen sollte, und wie das Verhältnifs der Länge der Röhre zu ihrer Weite und der Weite der Kugel sein müsse, sondern dieses der Willkühr der Künstler überliefs. Hievon war der natürliche Erfolg, dafs die Thermometer gar nicht vergleichbar waren, zumal da man noch den Fehler begieng, dafs man die Stufenleiter drucken liefs, und sie bei allen Thermometern gebrauchte, so verschieden auch die angeführten Verhältnisse sein mogten. Indessen konnten sie doch wegen ihrer grofsen Sensibilität zu gewissen Beob-

achtungen gebraucht werden, die gerade keine grofse Genauigkeit erforderten, und nur so kurze Zeit dauerten, dafs man annehmen konnte, der Druck der äufsern Luft verändere sich während derselben nicht merklich.

Geoffroy führt im Jahre 1700 (*Mém. physiques et mathematiques de l'Acad. à Paris*, 1700, p. 120) an, er habe sich um eine geringe Erkältung des Wassers hinlänglich deutlich zu machen eines Thermometers bedient, welches eine Glaskugel gewesen sei, die keine andere Oeffnung gehabt habe, als die einer sehr dünnen Röhre, die fast bis auf den Boden der Kugel hinuntergestiegen sei. An den Boden der Kugel sei eine Flüssigkeit gewesen, in die das Röhrchen eingetaucht habe; der übrige Theil derselben sei einzig mit Luft angefüllt gewesen. Sei die Luft verdünnt, so sei die Flüssigkeit in das Röhrchen hinauf gestiegen, welche im Gegentheile bei Verdichtung der Luft hinabgesunken sei. Er rühmt dieses Thermometer als ganz besonders empfindlich.

Amontons verbesserte im Jahre 1702 (*Mém. de Mathematique et Physique de l'Acad. à Paris*, 1702 p. 155 ff.; *Histoire*, p. 1 ff.) das Luftthermometer. Er nahm eine unten aufwärts gekrümmte Glasröhre, die mit ihrer Krümmung sich in eine angeschmolzene Kugel endigte. Der Durchmesser der Röhre mufste unbeträchtlich gegen den der Kugel sein. Die Kugel war voll Luft; in der Röhre aber befand sich so viel Quecksilber, dafs, wenn das Instrument in siedendem Wasser stand, die Höhe der Quecksilbersäule über der untern Quecksilberfläche mit der Barometerhöhe zusammen genommen 73 Pariser Zoll betrug. War z. B. die Barometerhöhe 28 Zoll, so mufste die Quecksilbersäule 45 Zoll lang sein. *Amontons* setzte alsdann an die obere Fläche der Quecksilbersäule 73 Zoll, und trug längs der Röhre Pariser Zolle und Linien hinab, welche rückwärts gezählt wurden, so, dafs an der untern Quecksilberfläche über der Krümmung 28 Zoll standen, wenn es nöthig gewesen wäre, die Röhre so weit zu bezeichnen. Wurde nun die Luft in der Kugel durch das Erkalten minder elastisch, so sank die Quecksilbersäule hinab, und ihr Stand gab eine gewisse Anzahl von Zollen an, von der man jedesmal so viel abzog, als die Barometerhöhe über 28 Zoll war, oder so viel hinzusetzte, als diese unter 28 war, um das abzurechnen, was blos vom veränderten Drucke der Luft, und nicht von der Wärme herkam. So viel Ehre dieses Instrument nun auch seinem Erfinder macht, so hat es doch als Wärmemaafs noch grofse Fehler. Es wird an 4 Schuh lang, läfst sich kaum ganz in siedendes Wasser stellen, und nicht ohne Gefahr des Verlusts an Luft von einem Orte zum andern bringen. *Amontons* selbst sah es nur als ein Normalthermometer an, nach welchen man den Florentinischen Weingeistthermometern bestimmte Eintheilungen geben könnte. Aber auch hierzu mufs voraus gesetzt werden, dafs sich Veränderungen des Volumens durch die Wärme genau eben so verhalten, wie die Veränderungen

des Drucks, den eine bestimmte Luftmasse tragen kann. Ueberdem wird auch die Quecksilbersäule durch die Wärme ausgedehnt, ihr Stand in der Kugel ändert sich, und macht den Anfang der Skale veränderlich, das Volumen der Luft selbst bleibt nicht ganz ungeändert, und sogar die Fähigkeit derselben ihre Elasticität durch die Wärme zu ändern nimmt bei zunehmendem Drucke zu, und verhält sich wie *Amontons* fand, wie der Druck selbst. Endlich könnten noch diese Thermometer verschieden sein, je nachdem die bei ihrer Verfertigung in der Kugel gesperrte Luft feuchter oder trockner, und von verschiedener Mischung gewesen wäre.

Es ist zwar das Gesetz, nach dem die Dichtigkeit der Luft von ihrer Wärme abhängt, nicht zuverläfsig bekannt: man könnte aber mit *Daniel Bernoulli* (*Hydrodynamica. Sect. X*, §. 8) annehmen, bei gleicher Dichte verhalte sich die die Wärme wie die Federkraft. Dieser Satz sagt im Grunde so viel, als: Die Wärme verhalte sich wie die specifische Elasticität. Aus diesem von *Bernoulli* zuerst zum Grunde gelegten Satze folgt dann sehr leicht folgender: Bei gleicher Masse der Luft und bei gleichem Drucke wächst die Wärme im Verhältnisse des Raums, durch den sie die Luft ausdehnt, so, dafs bei gleichem Raume und Drucke die Dichtigkeit sich umgekehrt wie die Wärme verhält. Würde daher eine bestimmte Luftmasse bei einerlei Druck durch eine gröfsere Wärme in einen doppelten Raum ausgedehnt, so würde auch eine noch ein Mal so grofse Kraft erfordert, sie in den vorigen Raum zu bringen. Eben diese Sätze hat auch *Lambert* (Abhandlungen von den Barometerhöhen und ihren Veränderungen, in den Abhandlungen der churbaierschen Akademie der Wissenschaften, B. III, Th. II, p. 89 f.) angenommen, und, wenn sie in der Natur wirklich Statt fänden, so würde man Luftthermometer verfertigen können, welche etwas mehr, als Thermoskope wären. Durch die Anwendung dieser Grundsätze hätte man also ein Mittel, die Grade der Wärme mit einander zu vergleichen, und von der eigentlichen Gröfse einer jeden andern Wärme zu urtheilen, wenn ein bestimmter Wärmegrad auf immer als die Einheit oder das Maafs wäre, festgesetzt worden. Zu dieser Absicht schlägt *Bernoulli* den Grad der Hitze des siedenden Wassers vor.

Ein Luftthermometer dieser Art liefse sich zu Stande bringen, wenn man an einem gewöhnlichen unten aufwärts gekrümmten Gefäfsbarometer die Oeffnung des Gefäfses zuschmelzen würde. Die in dem Raume des Gefäfses über dem Quecksilber eingeschlossene Luft wird bei gröfserer Wärme eine höhere, bei geringerer eine niedrige Quecksilbersäule tragen; und wenn der Durchmesser des Gefäfses in Vergleich mit der Weite der Röhre sehr grofs ist, so bleibt der Raum, den die Luft ausfüllt, also ihre Dichtigkeit in beiden Fällen beinahe einerlei. Es verhält sich also die Höhe dieser Quecksilbersäule beinahe

wie die zugehörige Wärme. *Hermann* (*Phoronomia, Lib. II, cap. XXIV, prop. 85 schol. p. 377*) schlug diese Einrichtung zuerst vor, um dadurch mittelst einer Formel die mittlere Geschwindigkeit der Theilchen zu bestimmen, in deren Bewegung er nach dem Cartesianischen Systeme das Wesen der Wärme und Elasticität setzte. Bei dieser Einrichtung blieb aber doch der Fehler, daſs die eingeschlossene Luft bei jeder verschiedenen Wärme nicht genau einen Raum von einerlei Gröſse behielt. Es schlägt deshalb *Daniel Bernoulli* (*Hydrodynamica l. c.*) vor, das Thermometer vertikal in siedendes Wasser zu bringen, und die Stelle der Röhre M, Fig. 3, Taf. XVIII, zu bemerken, bei der die obere Quecksilberfläche stehenbleibt, darauf aber das Instrument so einzurichten, daſs man die Röhre A B an der Tafel in jede schiefe Lage E a bringen könne. Gesetzt nun, die Quecksilbersäule reiche nur bis G, so neigt man die Röhre so lange, bis das gegen a zurückende Quecksilber nach g kömmt, wo E g = E M. In dieser Lage ist in der Röhre eben so viel Quecksilber, als in E M Platz hat; daher auch eben so viel im Gefäſse, als bei der Einrichtung des Insruments in siedendem Wasser darin war, also der Raum E F H immer gleich groſs. Jetzt verhält sich also die Siedhitze des Wassers zur gegenwärtigen Wärme wie E M zu g h. Will man andere Grade der Wärme für die Einheit annehmen, so kann man auf folgende Art ein völlig übereinstimmendes Luftthermometer verfertigen. Bei gleicher Dichte und Elasticität ist die Wärme der Luft einerlei. Man nehme demnach die Wärme für die Einheit an, die in der Luft bei einer gewissen Dichte und Elasticität Statt findet; z. B. diejenige, bei der das Barometer 28 Zoll hoch stehet, und ein Cubikfuſs 600 Gran wiegt. Bei der Verfertigung des Thermometers muſs man nun zuerst die Dichtigkeit der Luft zu derselben Zeit suchen, und zugleich den Barometerstand beobachten. Hat man nun die Röhre gehörig mit Quecksilber gefüllt, und zugeschmolzen, so muſs man vor allen Dingen an der Röhre einen Punkt bemerken, welchen das Quecksilber bei einem gewissen Grade der Hitze erreicht. Würde alsdann zur Zeit dieses Versuchs ein Cubikfuſs Luft 600 Gran wiegen, und der Barometerstand 29 Zoll hoch gefunden werden, so neige man hierauf die Röhre, bis das Quecksilber die Stelle g erreicht, und bemerke die Höhe g h, so gehört diese Höhe der Wärme der Luft zu, die bei derselben Statt hat, wenn ein Cubikfuſs 500 Gran wiegt, und das Barometer 29 Zoll hoch stehet. Hieraus ergiebt sich leicht die derjenigen Wärme gehörige Höhe, die das Maaſs jeder andern Wärme sein soll. Bei dieser soll nemlich das Barometer 28 Zoll hoch stehen, und ein Cubikfuſs Luft 600 Gran wiegen. Die gesuchte Höhe sei = x, und die Höhe, die der Wärme zugehört, bei der die Dichtigkeit der Luft 500 Gran ist, und das Barometer 29 Zoll hoch stehet = y, so hat man 500 : 600 = n q : y; 28 : 29 = y : x mithin $x = \frac{29 \cdot 600}{28 \cdot 500} \cdot nq = \frac{29}{28} \cdot \frac{6}{5} \cdot nq$. Wird nun diese Höhe x

in 100 oder 1000 Theile getheilt, so werden diese Theile Grade des Luftthermometers abgeben, und es werden die auf solche Art zubereiteten Thermometer mit einander übereinstimmen.

Weil es aber beschwerlich ist, die Röhre jedes Mal in eine schiefe Lage zu bringen, so hat der Herr *v. Segner* eine verbesserte Einrichtung angegeben, und gezeigt, wie sich die Reduction E G auf g h durch Rechnung bewirken lasse.

In der Folge ist *Lambert* (Pyrometrie, p. 31 ff.) wieder zu dem leichtern Gebrauch des Amonton'schen Luftthermometers zurük gegangen; nur änderte er die Skale, indem er dieselbe nicht wie *Amontons* in Zolle, sondern in Grade theilte, wovon ein jeder $\frac{1}{1000}$ desjenigen Raums ausmacht, den die Luft in der Kugel bei der Temperatur des thauenden Eises einnimmt. Diese Einrichtung gab er seinem Thermometer durch genaue Abwägung des Quecksilbers, welches in der Röhre und Kugel Platz hatte, und durch sorgfältiges Calibriren aller Theile der Röhre. Auch sah er dabei auf die Wirkung des Druckes der Atmosphäre und der Verlängerung und Verkürzung der Quecksilbersäule selbst bei veränderter Wärme. Nach allen diesen Berichtigungen leitete er endlich aus seinen mühsamen Versuchen das Resultat ab, dafs sich die Luft, wenn man ihr Volumen bei der Temperatur des thauenden Eises = 1000 setzt, in der Hitze des siedenden Wassers bis zum Volumen 1357 oder um $\frac{357}{1000} = \frac{5}{14}$ ausdehne, wofür er aber hernach die Zahl 1370 annimmt. Er giebt deshalb seinem Thermometer 370 Grade als Fundamentalstand, so, dafs zum Frostpunkte 1000, zum Siedepunkte aber 1370 gesetzt wird. Könnte man nun die vorher angeführten Sätze als richtig annehmen, so würden die Grade eines genau verfertigten Thermometers dieser Art Verhältnisse der wirklichen Wärme angeben; so müfste sich die Wärme des frierenden Wassers zu der des siedenden, wie 1 : 1,370 verhalten. Auch empfiehlt *Lambert* dieses Thermometer als ein solches, welches Grade der wirklichen Wärme anzeige, und also eine an sich selbst verständliche Sprache führe. Aber der Satz, dafs sich bei gleicher Dichte der Luft die Wärme wie die Elasticität verhalte, bestätigten die Erfahrungen selbst zwischen den Grenzen unserer Versuche nicht alle. Man glaubte zwar, dafs seine Richtigkeit sich zum Theil auf theoretische Gründe, zum Theil aber auch auf Erfahrungen von *Amontons*, *Lambert* u. a. stützte; aber schon die weiter unten vorkommenden Versuche von *Roy* und *Luz* scheinen das Gegentheil zu beweisen, und die Versuche der Herren *Morveau* und *Duvernois* es völlig zu widerlegen, indessen sind diese Versuche durch die neuesten Arbeiten über diesen Gegenstand als nicht beweisend dargethan, da bei ihrer Anstellung nicht die gehörige Vorsicht die Luft wasserfrei zu erhalten, angewandt wurde.

Der

Der Marchese *Poleni* bediente sich bei seinen Wetterbeobachtungen eines Luftthermometers, nach der Art des Herrn *Amontons*; aber er nahm dazu weniger Quecksilber; es war folglich nach dem was oben angeführt ist das Wachsthum der Federkraft der Luft in einerlei Veränderung der Wärme hier geringer, als bei *Amontons*. Nach *Martine* stimmen 47 Zoll bei *Poleni* mit 51 bei *Amontons*, und 53 bei jenem mit 59½ bei diesem überein.

Piolet sagt: (Versuch über das Feuer, aus dem Franz., Tübingen 1790, p. 63 f.) er habe sich bei Beobachtungen, wobei viel auf Empfindlichkeit der Thermometer angekommen sei, und die zugleich in sehr kurzer Zeit beendigt seien, mit vielem Vortheile der Luftthermometer bedient. Um diese zu verfertigen, blies er an das Ende einer 8 bis 10 Zoll langen Röhre von etwas gröſserm Kaliber, als die gewöhnlichen Thermometer zu haben pflegen, eine Kugel von 3 bis 4 Linien im Durchmesser, so dünn als möglich. Er sorgt hiebei, daſs die Kugel und Röhre inwendig ganz trocken sind. Darauf hält er die Kugel einen Augenblick zwischen dem Daumen und Zeigefinger, wodurch eine hinlängliche Wärme erregt wird, um die Luft zu verdünnen, und eine beträchtliche Menge davon hinaus zu treiben. Hierauf taucht er das Ende der Röhre in gefärbten Weingeist, und entfernt seine Finger von der Kugel. Da hiedurch die innere Luft plözlich erkaltet, so treibt der Druck der äuſsern Luft, mit der jene nicht mehr im Gleichgewicht steht, von der gefärbten Flüssigkeit in die Röhre. Wann die Säule dieser Flüssigkeit ohngefähr drei Linien lang ist, so nimmt er die Röhre weg, und trocknet sie plötzlich an ihrem Ende ab. Die kleine Weingeistsäule hebt sich nun in der Röhre in die Höhe, und bleibt mehr oder weniger nahe an der Kugel stehen, je nachdem die Berührung der Finger die Luft in der Röhre mehr oder weniger verdünnt hatte. Der Röhre wird alsdann eine willkührliche Eintheilung, z. B. nach Linien gegeben, und, um sie zur Zeit des Versuchs mit der gewöhnlichen Thermometereintheilung vergleichen zu können, wird das Luftthermometer neben einem sehr empfindlichen Quecksilberthermometer in einem Zimmer von bestimmter Temperatur aufgehängt und mit einem Fernglase (um durch Annäherung seinen Stand nicht zu verändern) die übereinstimmenden Grade der beiden Thermometer beobachtet.. Die nemlichen Beobachtungen werden dann auch in einem Zimmer von einer um etliche Grade verschiedenen Temperatur angestellt. Hiedurch erhält P. die Elemente einer vergleichbaren Eintheilung, von der er für jedes Thermometer, das er braucht, eine kleine Tabelle verfertigt. Die tauglichste Eintheilung der Röhren ist nach ihm die, wobei eine Veränderung um einen Grad der gewöhnlichen Thermometereintheilung mit einem Raum von 2 Zollen auf ihrer eigenen Eintheilung übereinstimmt; indem dieses eine ziemlich beträchtliche Unterabtheilung verstattet. So auf der Stelle verfertigt, sollen diese

Instrumente bei allen Versuchen, wobei man sehr kleine Unterschiede der Wärme beobachten mufs, sehr tauglich sein. Man mufs aber die Vorsicht gebrauchen, sie nach jedesmaligem Gebrauch wieder auszuleeren; dies geschieht, indem man die Kugel nur leicht erwärmt, und das Ende der Röhre abtrocknet, wenn die Feuchtigkeit ausgetrieben ist. Unterläfst man diese Vorsicht, und sie werden einer Erkältung von etlichen Graden ausgesetzt, so steigt die Flüssigkeit in die Kugel, und das Instrument ist verdorben; denn jetzt ist es ohne einen grofsen Aufwand von Zeit und Geduld und eine bis zum Glühen getriebene Erhitzung der Kugel und Röhre nicht thunlich, sie von Innen so auszutrocknen, dafs sie zu neuen Versuchen tauglich wären.

Aus der Kenntnifs der grofsen Vermehrung der Elasticität der Luft durch die Wärme ergiebt sich die Nothwendigkeit, die Torricellische Leere an den Barometern ganz luftleer machen zu müssen, da sonst offenbar bei der geringsten Veränderung der Temperatur die Höhe der Quecksilbersäule bei derselben absoluten Schwere der Atmosphäre würde verändert werden.

Die Gröfse der Dilatabilität der Luft durch Wärme ist unbestimmbar, da derselben Gränze auch durch den gröfsten Hitzgrad nicht gefunden wird. (Drebbel, bei Lambert a. a. O.; Arbuthnot, Hamb. Magaz. B. III, p. 201; Weigel, Sammlung vermischter Abhandl. jetzt lebender Scheidekünstler, Hamburg 1782, p. 18; Euler, a. a. O. I, p. 87) *Euler* sagt: (a. a. O. p. 88) Wenn von zwei an einander stofsenden, durch eine Thür mit einander communicirenden, übrigens aber wohl verschlossenen Zimmern das eine wärmer wird, als das andere, so wird die darin befindliche Luft eine gröfsere Elasticität bekommen, mithin sich ausbreiten, und, indem sie in das andere Zimmer dringt, die Luft daselbst so lange zusammen drücken, bis diese denselben Grad von Elasticität erreicht hat. Während der Zeit, dafs dieses geschieht, wird man einen Zug in der Thüre bemerken, der aus dem wärmern in das kältere Zimmer geht; und wenn das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, so wird die Luft in jenem dünner, und in diesem dichter sein, wenn gleich die Elasticität in beiden gleich ist. Hieraus ist klar, dafs zwei Luftmassen von verschiedener Dichtigkeit gleiche Elasticität haben können; wenn nemlich die eine wärmer, als die andere ist; und eben so können sie bei gleicher Dichtigkeit verschiedene Grade von Elasticität haben. Was eben von zwei Zimmern gesagt ist, läfst sich auch auf zwei Länder anwenden; denn man begreift leicht, dafs, wenn das eine Land wärmer wird, die Luft nothwendig von da in das andere hinströmen mufs; woraus ein Wind entsteht.

Franklin bemerkt, (*Journal de Physique*, *Jun.* 1779; Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte, von einem Liebhaber dieser Wissenschaft, B. II, p. 249) wenn die Luft im Zimmer durch einen Ofen oder Kamin erwärmt

wird, so steigt sie in die Höhe, und breitet sich über der kältern so lange aus, bis sie an die kalten Wände stöfst, und dadurch verdichtet wird. Dadurch wird sie schwerer, fällt herab, und tritt an die Stelle der kalten Luft, welche sich nach dem Feuer zugezogen hatte, um daselbst den Platz der in die Höhe gestiegenen Luft einzunehmen. So entsteht durch das Feuer ein beständiger Umlauf der Luft im Zimmer, den man deutlich wahrnehmen kann, wenn man ein wenig darin räuchert, denn der Rauch nimmt seinen Weg nach den Richtungen des Luftzuges. Eben so erkennt man den Luftzug, wenn man die Thüre zwischen zwei Zimmern, wovon das eine geheizt, das andere kalt ist, öffnet, und in der Thür ein Licht bald hoch bald niedrig, bald in die Mitte hält. Man wird sich durch die verschiedenen Richtungen der Flamme überzeugen, dafs aus dem erwärmten Zimmer im obern Theile ein Strom warmer Luft ausgehet, ein anderer von kalter Luft unten eindringt, in der Mitte aber fast gar keine Bewegung zu spüren ist.

Lambert führt (a. a. O. p. 27) Folgendes hieher gehörige an: Bei den Versuchen über die Elasticität findet sich ein doppeltes Gleichgewicht, ein Mal das zwischen der ausdehnenden Kraft der Wärme und dem Gegendruck der Luft. Dieses macht nun, dafs die Kraft, womit die Wärme die Luft ausdehnt, der Kraft, womit die Luft der zusammendrückenden Kraft das Gleichgewicht hält, gleich ist. Diese letztere Kraft nennt man gewöhnlich das aufliegende Gewicht, und so kömmt auch gewöhnlich der Druck der äufsern Luft mit in Betrachtung, so wie auch die Fläche, welche den Druck und Gegendruck auszuhalten hat. Hieraus hat man nun längst schon folgende zwei Sätze hergeleitet: 1) Bei gleicher Wärme ist die Dichtigkeit so wie die Schnellkraft der Luft in Verhältnifs des aufliegenden Gewichts; (dieses ist der schon oben angeführte Mariottische Satz) 2) Bei gleicher Dichtigkeit verhält sich die Kraft der Wärme wie die Schnellkraft der Luft oder das aufliegende Gewicht. Dieser Satz folgt aus dem vorhergehenden. Denn es sei bei einem gewissen Grade der Wärme das aufliegende Gewicht $= p$. Es werde nun die Wärme vermehrt, so kann die Dichtigkeit nicht anders, als durch ein gröfseres Gewicht P gleich erhalten werden, und dieses mufs in Verhältnifs der Dichtigkeit gröfser sein. Die Verstärkung der Wärme macht demnach, dafs sie bei gleicher Dichtigkeit der Luft einem gröfsern Druck das Gleichgewicht hält. Ihre Kraft hat demnach in dem Verhältnisse von p zu P zugenommen. Dieser Satz ist nicht immer richtig genug verstanden, weil man daraus sogleich einen andern Satz hergeleitet hat, bei dem die Bedingung der gleichen Dichtigkeit wegblieb. Man folgerte nemlich, und zwar ganz richtig, dafs bei gleichem Drucke die Kraft der Wärme in Verhältnifs der Ausdehnung oder des vergröfserten Raums

zunimmt. Denn p verhält sich zu P wie der anfängliche Raum R zu dem durch die Wärme vergröfserten r. Es ist aber die anfängliche Wärme zu der verstärkten eigentlich nur alsdann in Verhältnifs von p zu P, wenn die Luft bei gleicher Dichtigkeit erhalten wird, und so würde man sich sehr irren, wenn man diese Bedingung wegliesse. Der Beweis des Satzes gründet sich darauf, darum mufs sie auch im Satze selbst verstanden werden. Die Absicht dieses Satzes geht nun eigentlich nur dahin, dafs man die Verhältnisse der drückenden Kraft p, P, welche bei veränderter Wärme erfordert werden, die Luft bei derselben Dichtigkeit zu erhalten, durch die Verhältnisse des Raums bestimmen wollte, durch welchen sich bei einerlei Gewichte p die Luft wegen der vermehrten Wärme ausdehnt. Dazu ist aber nicht nöthig, die Luft immer von Neuem zusammen zu drücken, und das Gewicht P unmittelbar zu finden. Der Raum kann leichter gemessen werden, und dann wird P leicht bestimmt, weil $r : R = p : P$. Wenn wir demnach die Ausdehnung der Luft bei gleichem Drucke als das Maas der Wärme oder der Kraft der Wärme in der Luft ansehen, so verstehen wir, dafs von der Kraft der Wärme in gleich dichter Luft die Rede sei. Hiebei mufs ein gewisser Grad von Wärme zum Grunde gelegt werden, und dieser ist gewissermaafsen willkührlich, so lange es nur die Frage ist, die Grade der Wärme unter sich zu vergleichen.

Amontons war der erste, der diese Wahrheiten deutlich einsah, und sie der Akademie der Wissenschaften zu Paris im Jahre 1700 (*Mémoires de mathematique et physique de l'Académie à Paris*, 1702, p. 155 ff.) vordemonstrirte.

Auch *Daniel Bernoulli* nahm dieselben auf *Amontons* Versuche (*Hydrodynamica Sect. X.* §. 8.) an. Im Jahre 1699 hatte nemlich *Amontons* Versuche über die Ausdehnung der Luft durch die Hitze gemacht, (*Mem. de Mathematique et de Physique de l'Academ. à Paris an* 1699. *p.* 113.) wodurch er fand, dafs ungleiche Luftmassen, die durch gleiche Gewichte beschwert waren, durch gleiche Wärmegrade einen gleichen Zuwachs an Spannkraft erhielten, und durch die er bewogen wurde anzunehmen, dafs der Zuwachs von Wärme der Wasser, das man gewöhnlich kalt zu nennen pflegt, auf den Siedpunkt erhebt, 10 Zoll Quecksilber aufser dem Gewichte der Atmosphäre zu tragen fähig sey; als er aber später seine Versuche weiter trieb, fand er dafs die Vermehrung der Elasticität der Luft durch die Hitze des kochendem Wassers nicht auf das Gleichgewicht von 10 Zoll Quecksilber aufser dem Gewichte der Atmosphäre eingeschränkt sey, sondern dafs die Luft mehr oder weniger nach dem Verhältnisse des Gewichts mit dem sie beschwert war, trug, und dafs diese Vermehrung immer ohngefähr $\frac{1}{3}$ dieser Gewicht war, wenn die Luft anfangs die Temperatur der Keller der Pariser Sternwarte hatte; hingegen weniger als dies $\frac{1}{3}$ wenn die Luft wärmer, mehr als $\frac{1}{3}$ wenn die Luft käl-

ter als bei diesem Grade war. Wenn z. B. eine Luftmasse die bei mittlerer Temperatur den Druck der Atmosphäre mit einbegriffen eine Last von 30 Zoll Quecksilber tragen konnte, durch die Erhebung ihrer Temperatur auf die des kochenden Wassers vermögend gemacht wird, 10 Zoll Quecksilber mehr zu tragen, so wird dieselbe Luftmasse, wenn sie vorher durch 60 Zoll gedruckt um 20 Zoll, war sie durch 90 Zoll gedruckt um 30 Zoll ihre Elasticität vermehren, u. s. w. hieraus glaubte er den Schlufs ziehen zu können, dafs derselbe Wärmegrad, er sey so klein als man will, die Kraft welche die Elasticität der Luft ausübt um so mehr vermehren kann, je gröfser das Gewicht ist, durch welches die Luft gedrückt wird. Da er ferner wie schon oben angeführt ist, bemerkt hatte, dafs derselbe Wärmegrad die Gewalt der Spannkraft ungleicher Luftmassen gleichmäfsig erhöhet, so stellt er noch den Satz auf: Dafs die kleinste Luftmasse durch den kleinsten Wärmegrad eine immer grössere Spannkraft erhalten kann, je nachdem das Gewicht, durch welches sie gedrückt wird, gröfser wird.

Da nun nach *Mariotte's* Regel ungleiche Luftmassen, die durch gleiches Gewicht gedrückt werden, nach Wegnahme des drückenden Gewichts sich in Räume ausdehnen müssen, die ihren ersten Massen proportionirt sind, umgekehrt gleiche Luftmassen die ungleich beladen sind bei Wegnahme des Drucks Räume einnehmen werden die in Verhältnissen mit den drückenden Gewichten stehn, nothwendig eine Spannkraft erhalten die mit diesen Gewichten im Verhältnifs steht, so liefs sich schliefsen, dafs die Elasticität ein und der nemlichen Luftmasse, wenn ihre Dichtigkeit gleich bleibt, durch die Wärme in eben dem Verhältnisse wächst als die Luft in einen gröfsern Raum durch die Wärme sich ausdehnt, und dafs die Elasticität von einerlei Menge Luft wie das Produckt der Wärme in die Dichtigkeit, oder, was dasselbe sagt, dafs sich die specifische Elasticität wie die Wärme verhalte.

Gellert bemerkt (Anfangsgünde der metallurgischen Chemie, Leipzig 1776 S. 107.) gleichfalls, die Elasticität der Luft werde durch den Wärmegrad um so stärker vermehrt, je dichter die Luft sey.

Weber führt an (über Luft, Landshut 1785. p. 39.), die Federkraft der Luft nehme mit der Wärme zu, wachse wie sie, und nehme alsdann mit ihr wieder ab.

Auch *Lempe* sagt (Grens Journal der Physik, B. VII. S. 165.): Nach Versuchen über die Ausdehnung der Luft durch die Wärme könne man annehmen, dafs die Wärme in geradem Verhältnisse mit dem Raume stehe, durch welchen sie einerlei Menge Luft, die ein und derselbe Druck in ihrem ersten Raume zu erhalten sucht, ausdehnt. Eine Menge Luft z. B. die jetzt einem ge-

wiſsen äuſsern Drucke ausgesetzt sei, und dabei einen bestimmten Grad von Wärme habe, werde ihr Volumen verdoppeln oder verdreifachen wenn sie bei demselben äuſsern Drucke doppelt oder dreimal wärmer würde. Doch setzt dieses Gesetz nach ihm in der Luft einerlei Dichtigkeit und Mischung voraus.

Daſs die Kälte die Elasticität der Luft schwäche bemerken auch *Krüger* (Naturlehre §. 307.) und *Thenn* (Versuch einer neuen und deutlichen Erklärung der Kälte, Augsburg 1774. p. 82.)

Indessen kommen mit *Amontons* Erfahrungen nicht die Versuche aller Naturforscher überein, von denen einige vielmehr zu beweisen scheinen, daſs die specifische Elasticität bei anderen Dichtigkeiten und Wärmegraden auch in andern Verhältnissen verändert werde.

Auch könnte man aus diesen Sätzen überhaupt nur dann geradezu Gesetze für die Ausdehnung der Luft durch die Wärme finden, wenn die Luft keinen andern Veränderungen als nur in der Wärme und Dichtigkeit ausgesetzt wäre. Da sie aber auch in Hinsicht ihrer anderweitigen Mischung und besonders der in ihr enthaltenen Feuchtigkeit sehr verschieden gefunden wird, so wird es dadurch sehr schwer gemacht, was an den gefundenen Resultaten jeder einzelnen Ursache zuzuschreiben sei, stets gehörig zu taxiren. Indessen scheinen diese Schwierigkeiten durch die Resultate neuer Versuche, nach denen alle Gasarten und elastischen Dämpfe gleich und in allen Temperaturen gleichförmig ausdehnbar gefunden sind, sehr vermindert zu werden. Man sehe die folgenden speciellen Versuche und den Artikel, Luft, Wasser und Wärme.

Aus *Amontons* angeführten Erfahrungen erhellet, daſs er mit seinem Luftthermometer die Zunahme des Gewichts, welches eine Luftmasse zu tragen vermag, bei Erhöhung ihrer Temperatur vom Eis bis zum Siedepunkte des Wassers etwa $\frac{1}{3}$ desselben gleich fand. Setzt man nun voraus, daſs bei jedem Grade Wärme die Ausdehnung der Luft gleichförmig erfolge, so würde für jeden Grad der Fahrenheitschen Skale die Luft um $\frac{2}{22000}$ ausgedehnt werden.

Nach *Nuguet* (*Memoires de Trevoux*, *Octbr*. 1705.) dehnt sich die atmospärische Luft seinem ersten Versuche zu Folge in dem Zustande von Compression in welchem sie gewöhnlich auf der Erde ist, durch die Wärme des kochenden Wassers 1) so aus, daſs der Raum den sie alsdann einnimmt, sich zu dem ersten Raume wie 2:1 oder 4:2 verhält, doch bemerkt er dabei, daſs bei seinem Versuche diese Luft noch nicht um so viel ausgedehnt war, als sie durch diese Wärme seyn konnte, weil ein Theil dieser ausgedehnten Luft mit

1) *Soll wohl heiſsen, durch die Wärme, die zu der mittlern Temperatur hinzukommen muſs, um sie zu der Wärme des kochenden Wassers zu erheben.*

kaltem Wasser umgeben war. *De la Hire* bemerkt (*Memoir. de Mathematique et de Phisique de l'Academ. à Paris an.* 1708. *p.* 282. *ff.*) beim Anführen dieser Nugetschen Erfahrung noch, daſs auch ein Hinderniſs der Ausdehnung in der Schwere des kalten Wassers das über dem Loche der Flasche die umgekehrt in dieses Wasser gestürzt war, stand, zu suchen sey. Die Flasche faſste nur 2 Unzen 7½ Quent. Wasser. Seinen zweiten Versuch machte *Nuguet* auf eine Weise, die von der beim ersten befolgten verschieden war, und fand, daſs sich die ausgedehnte Luft zu der im natürlichen Zustande wie 16 : 1 verhalte. *De la Hire* bemerkt dabei (a. a. O. S. 283.) er hätte die Ausdehnung noch gröſser finden müssen, wenn er auf die Höhe des Wassers im Kessel, welches durch das in der Phiole befindliche Loch die ausgedehnte Luft zusammendrückte, die gehörige Rücksicht genommen hätte.

Der dritte Versuch von *Nuguet* gab ihm das Verhältniſs der ausgedehnten Luft zu der natürlichen wieder, wie 16 : 1.

Nuguet hatte um das Volumen der von ihm gebrauchten Flasche zu kennen, dieselbe vorher mit Wasser gefüllt, und nachdem er sie ausgegossen hatte nachher in kochendes Wasser gebracht, um die durch diese Wärme verursachte Dilatation der Luft zu beobachten.

Die groſse Verschiedenheit in den Resultaten *Amontons* und *Nuguets*, und der Umstand, daſs beide die athmosphärische Luft nicht ganz in dem Zustande behandelt hatten, in dem sie sich gewöhnlich befindet, bestimmten *de la Hire*, dem der Amontonssche Apparat zu verwickelt schien, selbst Versuche über die Ausdehnung der Luft und die Expansivkraft die sie durch die Wärme des kochenden Wassers erhält, anzustellen. Er gebrauchte dazu eine Glasröhre A B C (Taf. XVIII. Fig. 4.) die bei B gekrümmt war, und brachte an ihr Ende C eine Flasche von 2 Zoll im Durchmesser; bei A war die Röhre offen, und hatte ¼ Linie im Lichten. Ueber der Flasche brachte er eine andere kleine sehr dünne Röhre an, welche, da sie sich in die Flasche öffnete, die Luft nach Verhältniſs wie Quecksilber in die Röhre gegossen wurde, hinausließs. Nachdem Quecksilber in die Röhre A B C bis zu einer Höhe von ohngefähr zwei Linien über den Eingang der Röhre in die Flasche gebracht war, schmolz er das Ende F der kleinen Röhre E F, als das Quecksilber in der Bouteille und in der Röhre A B auf derselben Höhe war, zu. Er beobachtete zu eben der Zeit die Höhe des Barometers, die 27 Zoll achttehalb Linie betrug; das Thermometer, welches in den Kellern der Pariser Sternwarte 48 zeigte, stand auf 42. Es war am eilften December 1705. Er brachte jetzt die Flasche in Wasser, und das Wasser aufs Feuer. Als das Wasser mit groſsen Blasen kochte, stieg das Quecksilber in der Röhre A B zu 8 Zoll 5 Linien über das, welches in der Flasche war. Nun beträgt das Drittel von 27 Zoll achttehalb

Linien 9 Zoll drittehalb Linien, es hat folglich die Luft bei seinen Versuchen nicht um ein Drittel, welches zehntehalb Linien betragen hätte, am Volum zugenommen. Am 16. Febr. 1706 wiederholte er den Versuch mit derselben Flasche, deren er sich das erste Mal bediente, und worin er das Quecksilber gelassen hatte, während die kleine Röhre immer versiegelt war; jetzt aber war das Thermometer nur auf 38; es war folglich die Luft der Flasche dichter, als beim ersten Versuche, weil es kälter war, auch war das Barometer auf 28 Zoll 5 Linien, es wog demnach die Atmosphäre zehntehalb Linien Quecksilberhöhe mehr, als das erste Mal. Es mufste also das Quecksilber in der Röhre niedriger stehen, als das erste Mal, welches auch wirklich um 1 Zoll 6 Linien der Fall war. Er öffnete deshalb das Ende der über der Flasche befindlichen kleinen Röhre, um der äufsern Luft die Freiheit zu verschaffen, auf das Quecksilber der Flasche zu wirken, und das Quecksilber der Röhre kam beinahe auf dieselbe Höhe, als das in der Flasche. Er versiegelte nun von Neuem die kleine Röhre, und brachte die Flasche in das Wasser, welches er kochen liefs. Er bemerkte indessen, dafs das Quecksilber in der Röhre bei diesem zweiten Versuche sich nur 8 Zoll über das Niveau des Quecksilbers in der Flasche erhob, welches um 5 Linien weniger als das erste Mal, und 15½ Linien weniger, als um ein Drittel der Atmosphäre war. 1)

Ein anderes Mal nahm er eine Glasröhre, die als Heber gebogen war, dessen längerer Arm 15 Zoll Länge, der kleinere aber nur 8 hatte, welches letztere Ende in eine haarförmige Röhre ausgezogen war. Der innere Durchmesser dieses Hebers hatte 3 Linien. Jetzt brachte er Quecksilber in den umgestürzten Heber; es blieb in beiden Armen gleich hoch; er liefs nun in dem kurzen Arme nur 3 Zoll Luft, versiegelte dann das Ende des haarförmigen Rohrs, setzte die Röhre sogleich in das Wasser, und liefs das Wasser kochen. Er beobachtete, dafs das Quecksilber in dem langen offenen Schenkel nur 1 Zoll 8½ Linien über dem Niveau des Standpunkts, wo es anfangs in dem kurzen Arme war, stieg, und das Quecksilber um eben so viel in dem kurzen Schenkel fiel; das Quecksilber war daher im Schenkel um 3 Zoll 5 Linien über das im kürzern gestiegen, als das kochende Wasser die eingeschlossene Luft ausgegedehnt hatte. Das Barometer stand jetzt auf 28 Zoll 3 Linien, und das Thermometer stand auf 36½.

Als

1) Er schlofs aus diesen sich widersprechenden Resultaten, dafs man gestehen müsse, die Natur der Luft noch nicht hinlänglich zu kennen.

Als *de la Hire* den letzten Nuguetschen Versuch mit allen von demselben angegebenen Umständen wiederholte, fand er das Volumen der natürlichen Luft 1) zu der durch die Wärme des kochenden Wassers ausgedehnten beinahe wie 2 : 5, oder wie 2½ : 1. Die Flasche, deren er sich dabei bediente, faſste 25 Unzen, und war, als er sie in das Wasser brachte, sehr trocken.

Einen andern Versuch nach Nuguets Manier stellte *de la Hire* am 18. Jul. 1708 des Morgens an. Das Barometer stand damals auf 28 Zoll, und das Thermometer auf 55 Abtheilungen, welches im Keller der Pariser Sternwarte auf 48 stand. Der Wind war ziemlich feuchter West, und mit einem geringen Regen begleitet. Er nahm nun eine ganz neue Glasflasche, welche so trocken war, als die Beschaffenheit der Luft es nur erlaubte. Er fand ihr Gewicht = 6½ Drachme. Jetzt verstopfte er sie mit Kork, durch welchen er den einen Schenkel eines kleinen Glashebers gebracht, und denselben mit Siegelwachs wohl befestigt hatte; der andere Schenkel des Hebers war auswärts. Er brachte die Flasche in das kalte Wasser eines Kessels worin sie völlig untergetaucht wurde, so daſs der Korkstöpsel und der Heber auch in das Wasser eintauchten. Es wurde hiebei darauf gesehen, die Oeffnung der Phiole und den Heber nur sehr wenig unter die Oberfläche des Wassers zu bringen, damit durch die Schwere des Wassers der Eingang desselben in die Flasche durch Zusammendrückung der darin enthaltenen Luft nicht veranlaſst würde, welches übrigens wie *la Hire* meint, da der Korkstöpsel sehr genau schloſs, und die Röhre des Hebers sehr dünn war, so leicht nicht geschehen konnte.

Sobald der Kessel auf das Feuer gebracht war, bemerkte man fast in demselben Moment daſs aus dem Ende der Röhre des Hebers kleine Luftblasen hinaustraten, welches anzeigte, daſs die Ausdehnung der Luft schon vor sich gieng. So wie das Wasser sich immer mehr und mehr zu erhitzen anfing, traten die Luftblasen aus der Röhre des Hebers mit Ungestüm hinaus, welches denn so fortging, bis das Wasser mit groſsem Blasenwerfen kochte, und immer kamen Luftblasen, aber immer viel weniger als im Anfang heraus. Als das Wasser einige Zeit hindurch gekocht hatte, nahm *de la Hire* den Kessel über dem Feuer weg, während er immer sehr sorgfältig die Mündung der Phiole und den Heber ins Wasser getaucht hielt, damit wenn sich das Kesselwasser und die Luft der Flasche abkühlen, keine Luft weder durch die Heber noch durch die kleine Oeffnungen, die sich etwa im Stöpsel hätten vorfinden können, eindringen konnte. Um die Arbeit etwas abzukürzen, nahm er ein wenig warmes Wasser aus dem Kessel hinaus, und brachte eben so viel kaltes hinein, bis das Wasser gänzlich erkaltet war.

1) *Vermuthlich der Luft bei der Temperatur der Keller des Pariser Observatoriums.* —

Jetzt nahm er die Flasche aus dem Wasser, und fand, daſs nach Maaſsgabe, wie das Wasser im Kessel und die Luft der Flasche sich erkälteten, viel Wasser in die Flasche hineingedrungen war. Zum Zeichen, daſs die in der Phiole gebliebene Luft mit der äuſsern von gleicher Dichtigkeit war, diente ein wenig Wasser, welches in dem Theile der Röhre des Hebers, welcher den Kork durchborte, geblieben war, und hier zwischen der Luft der Phiole und der äuſsern Luft schwebte und balancirt wurde. Als jetzt der Stöpsel und der Heber aus der Phiole herausgenommen, und dieselbe äuſserlich wohl abgetrocknet war, fand er ihr Gewicht mit dem darin enthaltenen Wasser vier Unzen zwei Drachmen. Als er sie darauf bis auf dieselbe Höhe, auf der der untere Theil des Korks sich befand, welche mit dem Volumen der Luft, das zu der Zeit, als sie in das Wasser gebracht wurde, darin eingeschlossen war, übereinkam, anfüllte, fand er, daſs sie nun 5 Unzen 2 Drachmen wog. Die Luft also, welche im Gefäſse geblieben war, nahm den Raum einer Unze Wasser ein. Zieht man von den 5 Unzen und 2 Drachmen, welches der Schwere des die Flasche füllenden Wassers und der Flasche zusammen genommen gleich war, siebentehalb Drachmen, die, wie er vor dem Versuche gefunden hatte, die Schwere der Flasche allein waren, ab, so bleibt 35½ Drachme, die das ganze Gewicht der Luft der Flasche für den Moment, in dem letztere in das Wasser gebracht wurde, ausmachte.

Hieraus schloſs er denn, daſs das Ganze der die Flasche füllenden Luft bei dem Drucke der Atmosphäre sich zu dem, was nach der Ausdehnung durch die Wärme des kochenden Wassers in der Flasche blieb, wie 35½ zu 8, welches etwas weniger, als 4½ : 1 ist, verhielt; diese Ausdehnung war also bei weitem gröſser, als die, welche er vorher gefunden hatte, denn diese verhielt sich nur wie 2½ : 1. 1)

Lambert fand (Pyrometrie, Berlin 1779, p. 47) durch das etwas abgeänderte (wie es in dem vorhergehenden Texte detaillirt ist) Amonton'sche Luftthermometer am 31. Januar 1776 bei einem Barometerstande von 28″ 5‴, daſs, wenn er dem Volumen der Luft bei der Temperatur des gefrierenden Wassers 1000 Theile gab, sie in der Temperatur des siedenden Wassers bei nicht verändertem Drucke ein Volumen von 1375 solcher Theile würde eingenommen haben. Wegen der Ausdehnung der bei dem Apparate gebrauchten Quecksilbersäule war zwar dieser Raum nach *Lamberts* Berechnung 21 Theile zu vermindern; da inzwischen auch das Glas sich ausdehnte, und dadurch die

1) Dies führt er als deutlichen Beweis an, daſs an den Nuguetschen, die Ausdehnung der Luft übertrieben groſs angebenden Resultaten, die Bildung der Wasserdämpfe Schuld sei.

ganze Capacität der Kugel und der Röhre vermehrte, so glaubt L. 1370 als das wahre Volumen der Luft in der Siedhitze bei einem Drucke, der eben der, als bei dem gefrierenden Wasser ist, annehmen zu dürfen. *Amontons* eigene Beobachtung mit seinem Luftthermometer setzen die Siedhitze des Wassers bei 1417, und die Resultate eines gewissen *Crucquius* (*Philosoph. Transact. No.* 318) bei 1411 der Lambert'schen Skale. Dafs die atmosphärische Luft durch den Wärmegrad, bei dem Wasser siedet, um ein Drittel (ihres Volumens das sie in den Kellern der Pariser Sternwarte hat) ausgedehnt werde, führen an: *Arbuthnot* (Hamburgis. Magazin, B. III, p. 201); *Halle* (Natürliche Magie, B. II, p. 321); *Gellert* (Anfangsgründe der metallurgischen Chemie, Leipzig 1776, p. 107.) Nach letzterm verhält sich „die Elasticität der bis zum Siedepunkte erhitzten Luft zu der Schwere des Luftkreises wie 10 : 33."

Halley hat bemerkt, (*Acta eruditor Lips. suplem. T. III, sect.* 9, *p.* 435) dafs die Luft in England bei der gröfsten Sommerhitze um $\frac{1}{17}$ dünner, bei der gröfsten Winterkälte um $\frac{1}{17}$ dicker sei, als bei mittelmäfsiger Temperatur, wobei aber nicht auf Feuchtigkeit gesehen ist. *Fouchy* fand mit seinem Dasymeter, (S. B. II, p. 276) dafs das spec. Gewicht der Atmosphäre im Sommer etwa um ein Sechstel geringer sei, als im Winter.

Nach *Arbuthnot* (Hamb. Magaz. B. III, p. 209) wird die Luft durch die Kälte, bei der Wasser gefriert, (deren Volumen bei der Temperatur der Keller der Pariser Sternwarte als Einheit angenommen wird?) um $\frac{1}{10}$ zusammen gezogen; nach *Richmann* durch das gefrierende Wasser auf den 1837sten Theil (Neues Hamb. Magaz. B. VII, p. 339.)

De Luc (Unters. über die Atmosphäre u. s. w. II, Leipzig 1778, §. 607. p. 138) schliefst aus seinen Beobachtungen, die Höhe einer Luftsäule ändere sich, wenn die Temperatur $16\frac{1}{4}$ Grad nach Reamur ist für jeden Grad Aenderung der Wärme um $\frac{1}{215} = 0{,}00465$. Wäre sie nun bei der angegebenen Temperatur $= 215$, und Luft und Quecksilber dehnten sich durch Wärme gleichmächtig aus, so würde sie beim Eispunkte $= 198\frac{1}{4}$ beim Siedpunkte $= 278\frac{1}{4}$ sein, und sich von jenem bis zu diesem um $\frac{80}{198\frac{1}{4}}$, d. i. um 401 Tausendtheile ändern. So kämen auf jeden Fahrenheitschen Grad 2,23 Tausendtheile. Da aber die Dilatation des Quecksilbers bei gröfserer Wärme der der Luft voreilt, wie die gleich anzuführenden Versuche von *Schmidt* und *Dalton* erweisen, so entspricht dieser Bestimmung *de Luc's* eine geringere Dilatation der Luft vom Frost bis zum Siedepunkte, und zwar, wenn man ohngefähr nach *Daltons* Verhältnifs der Dilatation in der erstern und in der andern Hälfte der Skale rechnet, eine Ausdehnung um höchstens 0,388, wodurch diese Versuche *de Luc's* die Versuche *Dalton's* und *Gay Lussac's* bestätigen.

Der Rittter *Schukburgh* bestimmt die Ausdehnung des Luftvolumens durch die Wärme für jeden Fahrenheitschen Grad aus seinen Versuchen auf 2,43 Tausendtheile. (*Philosoph. Transact.* 1777, P. I, n. 29.)

General *Roy* stellte (*Philosoph Transact.* 1777, n. 34; Samml. zur Physik und Naturgeschichte von einigen Liebhabern dieser Wissenschaften, B. I, p. 576) Versuche über die Ausdehnung der Luft mit dem Varignonschen Manometer an, welches *Luz* bei der Erwärmung seiner etwas weiter unten angeführten Versuche über die Ausdehnung der Luft durch Wärme, ausführlich beschreibt. (S. diese Versuche) Alle seine Versuche wurden bei einer Barometerhöhe von 30 Zoll, oder beinahe, angestellt. Er fand, daſs sich die Luft vom 52sten bis 72sten Grad der Temperatur am stärksten ausdehne; das eigentliche Maximum der Dilatation vermuthet er bei 57°. Bei zwei Temperaturen fanden sich die Ausdehnungen der Luft und des Quecksilbers übereinstimmend; ein Mal nicht weit vom Eispunkte, das andere Mal zwischen 112 und 132 Grad. Zwischen Fahrenheits 0 und dem Siedepunkte des Wassers dehnte sich die Luft weniger, als das Quecksilber aus. Er stellte auch Versuche an, nicht allein die relativen, sondern auch die absoluten Gröſsen dieser Ausdehnungen zu erfahren, bei denen er zugleich auf die Ausdehnung des Glases rechnet, und dieselbe bei seinen Manometerröhren und bei der Hitze des siedenden Wassers $\frac{1}{1000}$ Zoll für jede 2 Zoll Länge annimmt. (S. Glas und Wärme bei Kieselerde, Alkali und Wärme.) Seine Versuche gaben folgende Resultate: 1) 1000 Theile Luft, deren Dichte um drittehalb Mal gröſser ist, als die Dichte der Atmosphäre bei der Barometerhöhe 30 Zoll, dehnen sich durch die Hitze des siedenden Wassers um 434 Theile aus. 2) 1000 Theile, deren Dichte $\frac{1}{5}$ von der Dichte der Atmosphäre beträgt, um 484; wenn aber die Dichte nur $\frac{1}{6}$ von der Dichte der Atmosphäre ausmacht, nur 141,5 Theile. 3) Wenn die Luft die Dichte der Atmosphäre selbst hat, beträgt die Ausdehnung durch die Wärme des siedenden Wassers 484,21. Wenn man nun das Resultat, welches die Versuche 3 geben, oder die Zahl 484,21 durch die Interpolation nach den angeführten Gesetzen für die Ausdehnungen bei verschiedenen Temperaturen vertheilt, so kann man finden, wie viel die atmosphärische Luft bei der Barometerhöhe 30 Zoll von jedem Grade der zunehmenden Wärme ausgedehnt wird. Darüber verfertigte Herr *Roy* eine Tafel, welche zeigt, daſs diese Ausdehnung bei 92° etwa 222, und bei 12° 26 Theile betragen. Nun nimmt er 92 und 12 Grad für die Gränzen der Temperaturen an, bei denen gewöhnlich Barometerbeobachtungen angestellt werden. Der Unterschied der Ausdehnungen 222 — 26 ist 196, und dies auf die 80° zwischen 92 und 12 gleich vertheilt, giebt im Mittel für jeden Grad 2,45 Theile, d. i. $\frac{245}{100000}$ des ganzen Volumens.

Desselben Instruments bediente sich auch 1758 *Bonne* bei seinen Versuchen über die Dilatation der Luft durch Wärme, zum Behufe der Tafeln über die astronomische Strahlenbrechung, und fand im Mittel aus 9 Versuchen mit verschiedenen solchen Manometern das Volumen der Luft bei 0° und bei 80° R. im Verhältnisse von 173 : 253, d. i. von 1 : 1,462. (*Astronomie par la Lande T. II, p.* 545.) Dieses stimmt nach *la Lande* mit *Fahrenheits* Angabe überein, und auch er hat darauf die Correctionstafel der mittlern Strahlenbrechung nach dem Thermometer gegründet.

Gilbert führt (Annal. der Physik, B. XIV, p. 270) an, die Dilatationen, die *Roy* und *Bonne* erhielten, seien unstreitig deshalb zu grofs, weil sie nicht darauf dachten, die Luft in der Manometerröhre ausser aller Verbindung mit tropfbarer Feuchtigkeit zu setzen.

Die strahlenbrechende Kraft der Luft ist höchst wahrscheinlich der Dichtigkeit der Luft genau proportional. Wird daher die Luft wärmer, so mufs die astronomische Strahlenbrechung unter übrigens gleichen Umständen in eben dem Verhältnisse abnehmen, als die Luft durch die Wärme ausgedehnt wird; sie giebt daher ein Mittel an die Hand, auf die Dilatationen der Luft durch die Wärme zu schliessen.

In *Tobias Mayer's* Formel für astronomische Strahlenbrechung, welche die Refraction für jeden Barometer- und Thermometerstand so nahe übereinstimmend mit der Erfahrung geben soll, dafs man die Abweichung ganz übersehen könne, (*Joh. Tob. Mayer de refractionibus astronomicis, Altorf.* 1781, *p.* 2) wird für jeden Grad des Reaum. Thermometers, um welchen die Luft wärmer, als 0° ist, eine Ausdehnung der Luft von 0,0046 (ebendaselbst p. 4) angenommen. Da weder *Mayer* selbst über diese Formel etwas bekannt gemacht, noch sich in seinen Papieren das Geringste über sie gefunden hat, so ist es nicht recht bekannt, woher er diese Bestimmung entlehnt habe. Sein Sohn, Herr Hofrath *Mayer* leitet sie aus der de Luc'schen Regel für Höhenmessungen durch das Barometer ab. Da aber der Urheber derselben schon 1762, d. i. geraume Zeit eher starb, als *de Luc* seine physikalischen Untersuchungen angefangen hatte, so können die Zahlbestimmungen in der Formel von M. wohl nur aus Beobachtungen der Strahlenbrechung selbst sein abgezogen worden. Hiemit stimmt auch die Aussage bei *la Caille* und *la Lande* überein, dafs nach *Mayers* Beobachtungen die astronomische Strahlenbrechung bei einer Lufttemperatur von 10° Reaumur unter übrigens gleichen Umständen um $\frac{1}{21}$ kleiner sei, als bei einer Lufttemperatur von 0° Reaum. (ebendas. p. 31, und *Histoire de Mathematique par Montucla, achevé par la Lande, t.* 4, *p.* 135; Prof. *Kramp*, der diese Angabe *Mayers* den Berechnungen in seiner *Analyse des refractions* zum Grunde legt, nennt sie p. 14 *„un resultat d'une infinité d'observations, faites par l'observateur le plus exacte et le plus infatigable de son*

siècle.) Dieser Bestimmung gemäfs ständen die Volumina einer gegebenen Luftmenge unter übrigens gleichen Umständen bei 0° und 10° Reaum. zu einander in dem Verhältnisse von 21 : 22 oder von 1 : 1,0457. Dilatirte sich die Luft durchgehends gleichförmig mit dem Quecksilber, so gäbe dieses eine Dilatation vom Frost bis zum Siedepunkte um 0,3656; *Lichtenberg* fand indessen bei *Mayers* Thermometer den Siedepunkt mit 82½ Grad bezeichnet; wären bei seiner Angabe der Veränderung der Refraction durch die Wärme solche Grade zu verstehen, so gäbe das unter der vorhin angeführten Bedingung eine Dilatation der Luft vom Frostpunkte bis zum Siedepunkte von 0,377, welches der Wahrheit sehr nahe kommt. *La Caille* nimmt eine viel geringere Veränderung der Strahlenbrechung durch die Wärme an, nemlich nur um $\frac{1}{27}$ für eine Wärmeänderung von 10° Reaum., welches aber ohne Zweifel beträchtlich zu geringe ist. Die anlalytische Formel *la Grange's* für die Refraction gründet sich dagegen einigermafsen auf *de Luc's* Regel für Höhenbestimmungen durch das Barometer, sofern nemlich aus ihr folgt, dafs die Wärme der Luft in höhern Stationen sich nahe nach einer arithmetischen Proportion vermindert. (*Montucla*, *t.* 4, *p.* 134; Gilbert's Annalen der Physik, B. XIV, p. 277 f.)

Kramp (Geschichte der Aerostatik, Th. I, p. 112) nimmt aus *Mayer's* Bestimmungen der astronomischen Strahlenbrechung an, wenn das Reaumürsche Thermometer auf 10° stehe, ändere sich die specifische Federkraft der Luft bei ein Grad Aenderung der Wärme um $\frac{1}{210}$. Nun setze man sie bei 10° Wärme = 220, so wird sie beim Eispunkte = 210, beim Siedpunkte = 290 sein, und sich von jenem bis zu diesem um $\frac{80}{210}$, d. i. um 381 Tausendtheile ändern, wovon auf 1° Fahr. 2,117 kommen.

De Saussure (Versuch über die Hygrometrie, Leipzig 1784, §. 113) giebt an, dafs ein Grad Thermometerveränderung sein Manometer (s. die Note Dichtigkeitsmesser unter d. Eigensch. der Luft) um $\frac{22}{16}$ Lin. ändere, und berechnet daraus für den Barometerstand 27 Zoll die Ausdehnung der Luft auf 4,24383 Tausendtheilchen auf den Reaumürschen oder 1,88615 auf den Fahrenheitschen Grad.

Nach *de Luc's* Angabe verhält sich die specifische Federkraft der Luft, wenn das Reaumürsche Thermometer r Grade zeigt, allezeit wie 198¼ + r. Diese Veränderung beträgt vom Eispunkte bis zum Siedpunkte ohngefähr $\frac{2}{5}$; von der gröfsten gewöhnlichen Kälte in unfern Gegenden (— 8°) bis zur Sommerwärme 30° $\frac{1}{5}$ des Ganzen.

(Ueber die bisher gegebenen Bestimmungen der Ausdehnung der Luft durch Wärme sehe man noch die die Höhenmessungen mit dem Barometer bestimmende Anmerkung p. 195 f. u. 202 ff. des 2ten Bandes nach.)

Bernoulli beobachtete zu Petersburg, dafs die Ausdehnung der Luft, die durch die Hitze des siedenden Wassers, und die, welche durch die Hitze eines

der wärmsten Sommertage bewirkt wurde, sich zu der Ausdehnung der Luft an einem der kältesten Wintertage wie 6 und 4 zu 3 verhielten. *Musschenbroek* fand, dafs die Ausdehnung der Luft an einem Tage, da es Eis fror, sich zu der, welche sie in einer bis zum Anfange des Schmelzens erhitzten Glasröhre annahm, wie 1 : 3 verhielt.

Robins fand (Neue Grundsätze der Artillerie, durch Euler, Berlin 1745, 8. p. 963 f), dafs die Hitze eines weifsglühenden Eisens die Luft in einen vier mal gröfsern Raum ausdehne. Er erhielt dies Resultat, indem er ein Gefäfs mit enger Oeffnung bis auf den angegebenen Grad erhitzte, die Oeffnung in ein der Atmosphäre ausgesetztes Gefäfs mit Wasser brachte, und aus der Quantität Wasser, die der Druck der Atmosphäre nach der Abkühlung in das Gefäfs hinein geprefst hatte, auf die Gröfse der Ausdehnung schlofs.

Luz (Beschreibung aller Barometer, Nürnberg 1784, p. 414 bis 424) fand folgende Ausdehnungen der trocknen atmosphärischen Luft durch verschiedene Wärmegrade:

Grade nach Reaum.	Grade eines Luftthermometers mit Luft durch Salze getrocknet.	Grade eines Luftthermometers mit trockner atmosphärischer Luft.
80°	1377,5	1383,5
70	1332	1344
60	1286	1299
50	1238	1252
40	1190	1205
30	1142	1158
20	1096	1102,5
16¼	1081,2	1085
10	1047	1049
0	1000	1000

Er bediente sich dabei des Luftthermometers, welches sonst auch unter dem Namen Varignon'sches Manometer bekannt ist, das aber schon *Lambert* unter die Luftthermometer setzte.

Es war bei den Versuchen vom Herrn *Luz* folgendermaafsen eingerichtet: An eine Glasröhre, die ohngefähr 18 Zoll lang, 1 Lin. weit, und von vollkommen gleichförmiger innerer Weite ist, wird eine kleine Kugel geblasen. Wenn ohngefähr 2 bis 3 Zoll über der Kugel der Eispunkt, und ohngefähr zwei Zoll unter dem obern Ende der Röhre der Siedpunkt fallen soll, so füllt er die Röhre vom untern bis zum obern Punkte mit Quecksilber, wiegt dieses sehr genau, nach Granen und Zehntheilen derselben, und macht dann das Verhältnifs so, dafs sich der körperliche Inhalt der Röhre vom Eis bis zum Siedpunkte zum

körperlichen Inhalt der Kugel wie 400 zu 1000 verhält. Ist die Kugel so genau als möglich nach dieser Vorschrift verfertigt, so füllt er die Kugel und Röhre bis an den Siedpunkt mit Quecksilber, stellet darauf das Thermometer in schmelzendes Eis, und bezeichnet das Ende der Quecksilbersäule mit einem seidenen Faden. Nun nimmt er das Quecksilber bis auf den Eispunkt hinaus, und wägt es genau ab. Es wog bei seinen Versuchen 179 Gran. Darauf stellt er das Thermometer abermals in schmelzendes Eis, und bemerkt das Ende der Quecksilbersäule bei dem Eispunkte mit einem seidenen Faden. Hierauf leert er das Thermometer aus, und wägt das darin noch vorhanden gewesene Quecksilber; es war bei seinen Versuchen 503,6 Gran schwer. Nun macht er den Satz: wie sich verhält 503,6 zu 1000, so verhält sich 179 zu 361,2 Graden. Er theilt daher den Raum vom Eispunkte bis zum Siedpunkte in 391,2 Grade. Weil aber diese Zahl schwer, und die Zahl 400 leichter zu theilen ist, so bedient er sich auch zur Erleichterung der Abtheilung eines verjüngten Maafsstabs, mit dem er den Abstand vom Eis zum Siedepunkte mifst, und ihn z. E. = 1100 Theilen desselben findet. Nun sagt er: wie sich verhält 391,2 zu 1100, so verhält sich 400 : 1125. Er setzt daher noch 25 Theile des Maasstabs über den Siedepunkt, und theilt den Zwischenraum vom Eispunkte bis zum Siedepunkte in 400 Grade. Man sieht hieraus, dafs die Kugel und das Stückchen Röhre bis zum Eispunkte 1000, und die Röhre von dem Eispunkte bis zum Siedepunkte 400 solcher Theile hält. Zu dem Eispunkte wird daher der 1000te und zu dem Siedepunkte der 1400te Grad gesetzt. Weil die Fäden sich leicht verrücken können, so schlägt er, wenn die Röhre auf der Gradleiter liegt, oben genau bei ihrem Ende einen Stift in das Bret. Wenn daher in der Folge sich die Fäden auch verrücken sollten, so legt er die Röhre nur so auf die Gradeleiter, dafs sie oben an dem Stift anstehet, und findet dadurch an der Gradleiter nicht nur den Ort, wo die Fäden hin gehören, sondern auch den jedesmaligen Thermometerstand, der durch seidene Fäden, oder mit einem Läufer aus einem Stückchen Federkiel bezeichnet worden, nach den zugehörigen Graden richtig angezeigt. Dies sind die Vorbereitungen. Jetzt mufs das Thermometer gefüllt werden. Dies wäre nun sehr bald geschehen, indem man nur eine kleine Quecksilbersäule von ohngefähr ein bis anderthalb Zoll einfüllet, welches mit Beihülfe eines Drahts bald geschehen wäre, wenn man dabei nicht auf dreierlei Dinge Rücksicht zu nehmen hätte. 1) Da durch dieses Thermometer die in verschiedenen Zuständen befindliche, bald mehr, bald weniger trockne Luft untersucht werden soll, so mufs das Thermometer erst so gut als möglich ausgetrocknet, die darin befindliche Luft herausgeschaft, und die verlangte Luft, deren Trockne oder Feuchtigkeit durch das de Saussur'sche Hygrometer bestimmt wird, eingelassen werden. Deswegen füllt er Kugel und Röhre ganz mit

mit Quecksilber an, kocht das Quecksilber, und leert das Thermometer in derjenigen Luft, die man einfüllen will, aus. Dadurch tritt nun die äufsere Luft in das Thermometer. Zum Füllen und Ausleeren des Thermometers bedient er sich eines eisernen Drahts, weil man sich zur Ausleerung des Thermometers der Hitze deshalb nicht bedienen darf, weil dadurch die Dünste von der eintretenden Luft aufgelöst und verjagt werden würden. Man mufs sich sogar hüten, dafs man die Röhre mit der Hand nicht erwärme. Herr *Luz* windet daher ein Stück nasser Leinwand um die Röhren, fafst sie bei diesem an, und schüttelt in der Luft, die er einfüllen will, das Quecksilber aus der Röhre in eine untergesetzte Schale. Ist die Röhre leer, und mit der verlangten Luft gefüllt, so setzt er auf ihr offenes Ende einen gläsernen oder papiernen Trichter, stecket einige Zoll tief einen Drath in die Röhre, und füllt etwas Quecksilber in den Trichter. Wenn eine Quecksilbersäule von ohngefähr einem Zoll in die Röhre getreten, so führt er sie mit dem Drahte so tief hinab, als nöthig ist.

Einige Schwierigkeiten mehr erfordert es eine nach Herrn *de Saussure's* Methode von allen Dünsten gereinigte Luft in das Thermometer zu füllen. Die bequemste Art dieses zu verrichten ist nach Herrn *Luz* ohne Zweifel diese: Er löset Pottasche in Weinessig auf, und läfst über einem Kohlenfeuer letztern vollkommen abdünsten. Ist die Pottasche ganz trocken und fein zerstofsen, so füllt er sie, so lange sie noch heifs ist, in ein kleines gläsernes Fläschchen, welches einen weiten Hals hat. Dieses Fläschchen macht er ohngefähr halb mit Pottasche voll. Das Luftthermometer ist bereits mit Quecksilber schon ganz angefüllt. Um alle Feuchtigkeit aus der Röhre und dem Quecksilber zu bringen, ist nicht nur das Quecksilber in der Kugel, sondern auch das in der Röhre über Kohlen gekocht worden. Er bedient sich dazu eines Stahldrahts, und dieser bleibt im Thermometer stecken. Das Ende der Röhre wird in einen durchbohrten Korkstöpsel gesteckt, und dieser mufs die Gröfse haben, dafs er das Fläschchen mit Pottasche genau verschliefst.

Wird der Stöpsel auf das Fläschchen gesteckt, so wird sowohl dieses Fläschchen, als auch das Thermometer in horizontaler Richtung gehalten, weil sonst bei einer andern Richtung entweder die Pottasche aus dem Fläschchen, oder das Quecksilber aus der Röhre laufen würde. Den Stöpsel verstreicht er äufserlich mit Baumwachs, um das Eindringen der Luft zu verhindern, und läfst darauf das Fläschchen mit dem Thermometer ein paar Tage in horizontaler Richtung liegen. Unter dieser Zeit verschluckt die Pottasche alle Feuchtigkeit. Jetzt wird das Fläschchen zu unterst gekehrt, und die Thermometerkugel in die Höhe, und das Thermometer geschüttelt, damit das Quecksilber aus diesem heraus in das Fläschchen falle. Die trockne Luft tritt dagegen in das Thermometer. Ist dieses geschehen, so nimmt er das Thermometer aus dem Fläsch-

chen, bringt aber augenblicklich das offene Ende der Röhre in ein Gefäfs mit Quecksilber, damit keine atmosphärische Luft eindringen könne. Unter dem Quecksilber zieht er den Draht aus der Röhre. Dann erwärmt er die Kugel, und läfst sie wieder erkalten, damit eine kleine Quecksilbersäule in die Röhre trete. Nach diesem kehrt er das Thermometer um. Die Quecksilbersäule sinkt um ein beträchtliches tiefer, und mit einem Drath läfst er sie endlich so tief hinab, als nöthig ist.

2) Mufs man beim Füllen des Luftthermometer darauf sehen, dafs die eingefüllte Quecksilbersäule die gehörige Höhe oder Länge bekommt. Da auf die Luftthermometer auch die Schwere der Atmosphäre wirkt, so mufs man, wenn diese sich verändert, durch Berechnung eine Berichtigung daran vornehmen, oder man mufs die Quecksilbersäule, welche auf die Luft drücket, verändern. Das letztere hält *Luz* für sicherer und bequemer. Da Hr. *Luz* an einem Orte wohnte, wo eine sehr niedrige Barometerhöhe war, so dafs dies Barometer nicht oft über 27 Zoll kam, so liefs er Luft im Luftthermometer mit Inbegriff des Drucks der Athmosphäre durch ein Gewicht, welches eine Quecksilbersäule von 28 Zollen balancirte, zusammendrücken. Z. B. das Barometer stünde 27 Zoll hoch, so füllt er noch eine Quecksilbersäule von 1 Zoll ein. Wäre aber die Barometerhöhe 317,7 Linie, so würde eine Quecksilbersäule angefüllt, die 18,3 Linien lang ist, damit die Luft immer durch das Gewicht von 28 Zollen gedrückt werde. Damit die Berichtigungen wegen des Barometerstands bequem gemacht werden können, füllt *Luz* anfänglich eine kleinere Säule ein, als er nöthig hat. Ist sie zu grofs, so ziehet er mit einem Drahte etwas davon heraus. Will er zufüllen, so steckt er den Drath in die Röhre, und füllt eine etwas weite aber an einem Ende sehr fein zugezogene Glasröhre mit Quecksilber; durch die enge Spitze sind die feinsten Quecksilbertropfen, die in der Röhre kaum $\frac{1}{16}$ Linie Höhe geben, hinein zu bringen.

3) Mufs die eingefüllte Quecksilbersäule so tief in die Röhre gesetzt werden, als nöthig ist. Er stellt deswegen das Thermometer in schmelzendes Eis stecket einen Drath in die Röhre, und fährt mit demselben bis an den Faden, der den Eispunkt bezeichnet. Die Quecksilbersäule läuft immer nach, weil die Luft an dem Drathe herausgehen kann. Es ist schwer, das untere Ende der Quecksilbersäule im schmelzenden Eise genau auf den Faden zu stellen. Gemeiniglich kommt es entweder zu tief oder zu hoch. *Luz* achtet dies nicht, er nimmt lieber bei jeder Beobachtung durch die Rechnung die Berichtigung vor: indem er weifs, wie schwer es hält die Säule genau auf den gehörigen Punkt zu bringen. Die Berichtigung durch die Rechnung ist indessen so schwer nicht, denn da ein jeder Grad $\frac{1}{1000}$ des Volumens der eingeschlossenen Luft beträgt, so heifst es, wenn z. B. im schmelzenden Eise die Säule des

Quecksilbers mit ihrem untern Ende an Statt auf dem 1000ten Grad auf dem 1001ten stehen sollte, und man die Hitze des siedenden Wassers die durch den 1385ten Grad angegeben würde, bestimmen will: Wie sich verhält 1001 zu 1000, so verhält sich 1385 : 1383, 6.

Beim Gebrauche des Thermometers muſs man nach *Luz's* Anmerkung, ehe man dessen richtigen Stand angeben kann, die Röhre etwas bewegen, und gelinde schütteln, damit das Quecksilber von der Röhre, an die es sich stark anhängt, losgerissen werde. Dieses letztere ist indessen nur bei engen Röhren nothwendig; wenn die Röhre eine Linie Durchmesser hat, so bleibt das Quecksilber nicht hängen. Noch bemerkt *Luz* hiebei, daſs, da die Luft eine sehr starke Dilatabilität habe, man das Luftthermometer sowohl im siedenden, als andern Wasser, indem man das Luftthermometer mit einem Quecksilberthermometer vergleicht, bis an den Ort, wo die Luft- und Quecksilbersäule zusammenstoſsen, einsenken müsse. 1)

De la Metherie sagt (über reine Luft etc. aus dem Franz. Th. II. p. 560.) ein Theil Luft nehme bei der Hitze des kochenden Wassers einen um $\frac{1}{3}$ gröſsern Raum als beim Gefrierpunkte ein.

Die Erfahrungen der Herren *Vandermonde, Berthollet* und *Monge*, bestimmen die Ausdehnung der atmosphärischen Luft mit einem Thermometer von 80 Graden durch einen jeden Grad Wärme nach Reaum. auf $\frac{1}{184.83}$ ihres Umfangs, also die vom Eispunkte bis zum Siedepunkte = 0,4328. Sie stellten ihre Versuche mit folgendem Apparate an. Sie lieſsen an das Ende einer gut kalibrirten Glasröhre eine Kugel von ohngefähr 3 Zoll Durchmesser blasen, und die Röhre nahe an der Kugel umkrümmen; darauf machten sie zwei Zeichen an die Röhre, wogen der Quantitäten von destillirtem Wasser, die nöthig waren das Instrument erst bis an das eine und dann bis an das andere Zeichen zu füllen, und gelangten so dahin, die Röhre in Tausendtheile der Capacität des Instruments zu graduiren. Hierauf füllten sie das Instrument mit dem Gas an, dessen Dilatabilität sie messen wollten, brachten dasselbe in das Wasser eines hydropneumatischen Apparats, so daſs das Ende der Röhre mit untergetaucht war, und lieſsen nun so viel Gas hinausgehen, bis die Röhre, nachdem der Kolben die Temperatur des Bades angenommen hatte, auf 0 der Eintheilung der Röhre war, und der 0 Punkt im Niveau mit der Oberfläche des Bades war. Auf diese Weise erhielten sie ein bestimmtes Volumen Gas das weiter keinen

1) *Wir können nicht umhin, hier darauf aufmerksam zu machen, daſs es sehr zu wünschen wäre, die Naturforscher mögten ihre Versuche mit der Genauigkeit bei der Erzählung der Umstände immer mittheilen, mit der hier der Herr Oberkaplan Luz die musterhafte Darstellung seiner Versuche giebt.*

Druck, als den der Atmosphäre erlitt, und dessen Temperatur durch Eintauchen eines Thermometers in das Bad erkannt wurde. Hernach brachten sie, während das Ende der Röhre immer im Wasser erhalten wurde, die Kugel in ein mit wärmern Wasser angefülltes Gefäfs, welches so gestellt war, dafs nachdem das Gas die neue Temperatur angenommen hatte, die Oberfläche des Wassers der Röhre sich noch im Niveau mit der Oberfläche des ersten Apparats befand, wodurch sie dann vermittelst der Röhre die Gröfse fanden, um die das Gas sich bei demselben Drucke und einer Vermehrung der Temperatur, die das in das zweite Bad gebrachte Thermometer anzeigte, ausdehnte. Um wie viel sich das Volumen des angewandten Gas durch die verschiedenen Grade der Erhöhung der Temperatur vermehrte, fanden sie endlich indem sie die Totalausdehnung durch den Unterschied der Temperatur in beiden Bädern dividirten (*Memoir. de Mathem. et de Physiq. de l'Academ. à Paris an.* 1786. *p.* 165. *ff.*)

Die Gebrüder *Montgolfier* wollten gefunden haben, dafs sich die Luft durch eine Wärme von 70° Reaum. um die Hälfte verdünnen liefs (*Histoire de l'Academ. à Paris, an.* 1783. *p.* 9.)

Von allen diesen Bestimmungen weichen die des *Dr. Priestley* (*Experim. and. Observ. Vol. V. seot.* 32 = Versuche und Beobacht. über verschiedene Theile der Naturlehre B. II, Wien und Leipzig 1782. p. 295. und Versuche und Beobacht. üb. versch. Gattung. der Luft Th. III., Wien und Leipz 1780 p. 322.) beträchtlich ab. Nach seinen Versuchen wurde eine Quantität gemeiner Luft die eine 13 Unzenmaafse Wasser fassende Flasche füllte (20,914 Par. Cubikzoll) durch eine Temperaturerhöhung von 34° bis auf 48° Fahrenheit um 1,85 engl. Kubikzolle ausgedehnt, woraus er berechnete, dafs 10 Fahr. dies Luftvolum um 1,32 engl. Cubikzoll (109 Paris.) oder um $\frac{1}{19,2}$ seines ganzen Umfangs vermehrten welches die Ausdehnung des ganzen Raums zwischen dem Eis- und Siedpunkte = 0,9375, und für jeden Grad nach Reaumürscher Skale $\frac{1}{85}$ giebt; er will indessen nicht behaupten, dafs man sich mit völliger Gewifsheit auf sein erhaltenes Resultat verlassen könne. 1)

Durch diese grofsen Abweichungen der Ausdehnung der Luft durch die Wärme wurden die Herren *Guyton Morveau* und *Prieur Duvernois* veranlafst genauere Versuche darüber anzustellen, wovon die Resultate dahin gehen, dafs die Ausdehnung der Luftmasse keineswegs gleichförmig erfolge, sondern bei steigender Wärme gröfser werde. (*Annales de Chymie T. I. p.* 1789. p. 256. ff. Grens Journal der Physik, B. I. p. 293 ff. *Encyclop. methodique, Chim. T. I. p.* 678. *ff.* Crells Beiträge zu den chem. Annalen B. IV. p. 244. ff.)

1) *Die Methode, deren er sich zur Messung der Ausdehnung bediente sehe man im ersten Bande p.* 97.

Hermbstädts Bibliothek der neuesten physisch chem. etc. Litteratur, B. II. 338.) *Prieur du Vernois* fand, dafs, bei 28 Zoll 9½ Linie Barometerstand das Volumen von 15,6729 Kubikzoll trockner atmosphärischer Luft, wenn dasselbe bei 0° Reaum. = 1 gesetzt wird folgendermafsen durch die Erhitzung vermehrt wurde.

von 0°	bis	20°	nach	Reaum.	um	0, 0789	
— 0	—	40	—	—	—	0, 2570	
— 0	—	60	—	—	—	0, 6574	
— 0	—	80	—	—	—	0, 9368	

Nach *Morveau's* auf diese Angaben gegründeter Berechnung beträgt nun die Vermehrung des Umfangs der Luftmasse

von 0°	bis	20° R.	0, 0789	$= \frac{1}{12,67}$
— 20°	—	40°	0, 1781	$= \frac{1}{5,61}$
— 40°	—	60°	0, 4004	$= \frac{1}{2,49}$
— 60°	—	80°,	(0, 2794	$= \frac{1}{3,57}$)
— 0°	—	80	0, 9368	$= \frac{1}{1,067}$

Er bemerkt indessen dabei, dafs das in Klammern eingeschlossene Resultat durchaus nicht richtig seyn könne, weil es mit dem Gesetze der Zunahme der Ausdehnung durch Wärme nicht übereinstimme, und dafs man dasselbe durch die hohe Temperatur veranlafsten Verbindungen zuschreiben müsse. Dafs dergleichen Verbindungen wirklich Statt hatten, fand er in der That durch einen Versuch bestätigt. Wäre nemlich die Luft gar nicht verändert, so hätte die Quantität von Kubikzollen Quecksilber, die in dem zu dem Experiment gebrauchten mit Quecksilber gesperrten Ballon (den angewandten Apparat und die Versuchsmethode s. bei Sauerstoffgas und Wärme. B. I. S, 97. ff.) durch die Erkältung hineindrangen gerade dasselbe Volumen haben müssen als die durch die Erhitzung ausgetriebene und in einem Recipienten aufgefangene Luft, d h. die in dem Ballon gebliebene Luft hätte mit der, die durch die Ausdehnung hinausgetrieben war, zusammengenommen ein Volum geben müssen, das dem, das anfangs den Ballon füllte, völlig gleich war, wenn beide wieder bei derselben Temperatur und denselben Drucke als vor dem Versuche gemessen wären. Es drangen aber nach dem Versuche 0, 6691 Kubikzoll Quecksilber mehr hinein, als Luft hinausgegangen war; die Luft war also während der Operation um diese Quantität vermindert. Dafs aufser der Verbindung der Wärme mit der Luft noch ein chemischer Procefs vorgegangen seyn mufste, wurde auch noch durch eudiometrische Versuche bestätigt. Denn als die Luft des Recipienten der das ausgetriebene Fluidum aufgenommen hatte, mit Salpeterluft geprüft wurde,

so entstand nur eine Absorbtion von 0,66, da doch unter denselben Umständen die Luft vor dem Versuche 0,75 Verlust erlitt. Diese Veränderung kam auch deutlich daher, dafs ein Theil des sperrenden Quecksilbers auf Unkosten der Luft oxydirt wurde, welches sich auch dadurch bestätigte, dafs die Oberfläche des Quecksilbers mit grauen Flecken oder Häutchen bedeckt war.

Noch müssen wir bemerken, dafs im Augenblick, in welchem das atmosphärische Gas in den Ballon gebracht wurde das Barometer auf 26 Zoll 9, 5 Linien, das Saussürsche Hygrometer auf 83 ¼° und das Reaum. Thermometer in der Luft auf — 4° stand.

Aus diesen letzten Erfahrungen erhellet nach *Guyton's* Meinung deutlich, dafs die bis dahin üblich gewesene Methode, die Ausdehnung der athmosphärischen Luft durch eine Anzahl von Wärmegraden zu bestimmen, indem man die Totalausdehnung durch eine Menge von Wärmegraden z. B. von 0° bis 80° Reaum. durch die Zahl der Grade theilte, durchaus keine zuverläfsige Resultate gab, sondern dafs man vielmehr um etwas sicheres zu erhalten, die Ausdehnung für jeden Grad Wärme besonders bestimmen müsse.

Weil die von *Priestley* und *du Vernois* erhaltenen Resultate über die Ausdehnung der atmosphärischen Luft durch die Wärme so sehr von den Erfahrungen der älteren Physiker abweichen, so entschlofs sich auch der Professor *Schmidt* zu Giefsen (Grens neues Journal der Physik B. IV. St. 3. p. 324.) hierüber genaue Versuche anzustellen. Er bediente sich dazu einer hohlen messingenen Kugel von zwei Pariser Zoll im Durchmesser. In den Hals der Kugel war ein Schraubengewinde eingeschnitten, in das sich ein mit einem flachen Ansatze versehener Stöpsel schraubte. Zwischen den Ansatz des Stöpsels und der oberen Fläche des Halses der Kugel wurde zur bessern Verschliessung ein feuchtes Leder gebracht. Die Ausdehnung der Luft durch die Wärme zu bestimmen, setzte er die geöffnete Kugel in eine kleine Sandkapelle über die Argandsche Lampe, und ein bis zur Siedhitze des Quecksilbers gehendes Thermometer in die Kugel. Er moderirte die Flamme der Lampe, so dafs das Quecksilber im Thermometer nur langsam in die Höhe stieg und so-

1) Prony *hatte* (Journal de l'école polytechnique, Cah. II. Flor. et Prairial 24-69) *aus den Versuchen der Herren* Prieur du Vernois, *und* Guyton Morveau *eine Tabelle durch Interpolation berechnet, worin die Ausdehnung des Volums der atmosphärischen Luft durch die Wärme nach Graden des hunderttheiligen Thermometers von Grad zu Grad vom Gefrierpunkte bis zum Wassersiedepunkte angegeben war. Da aber die nachfolgenden Versuche neuerer Physiker beweisen, dafs die aus den Versuchen gefolgerten Resultate unrichtig sind, und selbst auch* Prony's *Interpolirungsmethode ganz falsch war, so würde es unnütz seyn, sie hier anzuführen.*

bald es den Grad der Hitze erreicht hatte, bis zu welchem er die Kugel erhitzen wollte, brachte er das Thermometer aus der Kugel, verschloſs sie luftdicht, und steckte sie eilends mit umgewandten Halse in Wasser, das durch vorgängiges Kochen von seiner Luft befreiet worden war. Erst wann die Kugel unter dem Wasser erkaltet war, öffnete er die Schraube, und lieſs durch den Druck der Atmosphäre das Wasser in die Kugel treten, indem er den ganzen Apparat nach und nach bis zur Eiskälte durch zugemischten Schnee brachte. Der Unterschied zwischen dem Gewichte des durch den Weggang der Luft in die Kugel getretenen Wassers und dem Gewicht von Wasser, das den ganzen Raum der Kugel bei der Temperatur der Eiskälte erfüllet, im Verhältniſs gegen das ganze zuletzt genannte Gewicht, gab das Verhältniſs des Raums der Luft bei der Eiskälte zum Raume der Luft bei dem beobachteten Thermometergrade. Er stellte auf diese Art zwei Versuche mit trockener und mit feuchter Luft an. Das Resultat des letztern wird bei Luft und Wasser gegeben werden. Die trockne Luft erhielt er, indem er die Kugel vor dem Versuche mit Pottasche auf einem heiſsen Ofen austrocknete. Nachstehendes enthält die Resultate des damit gemachten Versuchs, das Volumen der Luft bei der Eiskälte = 1 gesetzt.

Wärmegrad.	Raum der trocknen Luft.
0°	1,000
40°	—
80°	1,523
120°	1,711
160°	1,93
200°	2,024

Nach diesen Versuchen sind demnach die Unterschiede der Ausdehnung der trocknen Luft in der höhern Temperatur gegen die Unterschiede der Wärme keineswegs wachsend, sondern vielmehr abnehmend. Da er nachher befürchtete, es möchte die ½ Zoll weite Oeffnung der Kugel Gelegenheit gegeben haben, daſs sich während dem Versuch, und besonders indem das Thermometer aus der Kugel genommen wird, bis zur gänzlichen Verschlieſsung derselben etwas atmosphärische Luft mit der in der Kugel enthaltenen mischen könne so glaubte er die Versuche mit einem andern Apparate wiederholen zu müssen. Er wählte dazu anfänglich eine Vorrichtung die der von *Duvernois* gebrauchten völlig ähnlich war. Sie bestand in einer kleinen gläsernen Phiole mit einem gekrümmten engen Halse; über die Oeffnung der Röhre des Halses wurde ein nach Kubikzollen graduirter Glascylinder gestürzt, dessen untere Mündung, sich in einer Schale voll Quecksilber befand. Das Gefäſs wurde bei der Eiskälte mit trockener Luft gefüllt, und hierauf in einem Wasserbade bis zur Siedhitze des

Wassers erwärmt. Die Phiole enthielt 6 Pariser Kubikzolle Luft, davon giengen über

bei 20° — 0,5 Kubikzoll
— 40° — 1,07
— 80° — 2,00

Natürlich mufsten die in dem Cylinder bei der Temperatur der Eiskälte gemessenen Lufträume auf den Druck der Atmosphäre reducirt werden, weil die Luft in dem Cylinder sich in einem ausgedehnten Zustande, vermöge der daruntersteheden Quecksilbersäule befand.

Dies giebt die Ausdehnung der Luft, den Raum bei der Eiskälte = 1, für

20° — 0,0833
40° — 0,1800
80 — 0,3333

Diese Werthe sind von denen des Hrn. *Duvernois* ausserordentlich verschieden, und geben die Ausdehnungen der trockenen Luft den Unterschieden der Wärme ohne merklichen Fehler proportional. Die angewandte Methode giebt zwar die Ausdehnungen der Luft etwas zu klein, weil die Temperatur in dem Gefäfse immer etwas geringer, als des umgebenden Wassers bleibt (der Unterschied wird desto beträchtlicher, je gröfser der Raum des Gefäfses, und je dicker seine Seitenwand ist), und weil wegen dem Druck und der Cohäsion des Quecksilbers in dem den Cylinder aufnehmenden Gefäfse die Elasticität der in der Phiole enthaltenen Luft immer etwas gröfser, als der Druck der Atmosphäre sein mufs, ehe Luft in den Cylinder übergeht, welcher letztere Umstand der Genauigkeit der Versuche die meisten Schwierigkeiten entgegen setzt, indem er ein stofsweises Uebergehen der Luft in den sammelnden Cylinder verursacht; indessen glaubt *Schmidt*, dafs, da die beiden genannten Ursachen denselben, und wegen des gröfsern Ballons einen noch gröfsern Einflufs auf die von *Duvernois* erhaltenen Resultate geben mufsten, der Unterschied zwischen seinen und *Duvernois's* Resultaten blos der Feuchtigkeit der von *Duvernois* angewandten Luft zuzuschreiben sei.

Die Art, wie *Schmidt* die Luft in den Ballon austrocknete, war folgende: Er kittete die Oeffnung der Röhre des Halses an eine bis zur Hälfte mit frisch geglüheter Pottasche gefüllte Flasche an, und liefs den Apparat einige Tage in dieser Verbindung, indem er von Zeit zu Zeit abwechselnd bald das Gefäfs, das die Luft enthielt, bald die Flasche erwärmte, um den Luftzug in dem innern Raume der Gefäfse zu befördern.

Um die angezeigten Fehler der von *Duvernois* gebrauchten Methode zu vermeiden, und die Ausdehnungen der trocknen Luft durch die Wärme so viel möglich scharf zu erhalten, bediente er sich des schon unter Sauerstoffgas und

Wärme

Wärme (B. I, p. 99 u. 265) beschriebenen (B. I, Taf. IX, Fig. 3 abgebildeten) Ciarcyschen Elasticitätsmessers. Er nahm die mit Wasser gefüllte Phiole ganz weg, und brachte dafür in das untere Gefäſs frisch geglühete Pottasche zu wiederholten Malen. Nachdem die Luft mehrere Tage hindurch auf diese Art ausgetrocknet war, erwärmte er die in den beiden Gefäſsen eingeschlossene Luft, indem er das Wasser nach und nach bis auf die Temperatur von 0° Reaum. erkältete. Die folgenden drei Tafeln enthalten die Resultate dieser Versuche. Die Räume der Luft bei den verschiedenen Temperaturen sind aus den specifischen Elasticitäten berechnet, indem mit der specifischen Elasticität der Luft bei der Eiskälte in die spec. Elasticität bei den höhern Temperaturen dividirt wurde.

Erster Versuch.

Temperat. nach Reaum.		Elasticität der eingeschlossenen Luft.		Raum der Luft den Raum bei 0=1		Unterschiede.
0°	—	24,58 Zoll	—	1,0000	—	
15	—	26,07	—	1,0606	—	
20	—	26,62	—	1,0830	—	224
25	—	27,20	—	1,1060	—	230
30	—	27,70	—	1,1270	—	210
35	—	28,37	—	1,1540	—	270
40	—	28,95	—	1,1780	—	240
45	—	29,45	—	1,1980	—	200

Zweiter Versuch.

Temperat. nach Reaum.		Elasticität der eingeschlossenen Luft.		Raum der Luft den Raum bei 0=1		Unterschiede.
0°	—	22,35 Zoll.	—	1,0000	—	
40	—	27,26	—	1,2197	—	
45	—	28,13	—	1,2586	—	389
50	—	29,04	—	1,2994	—	408
55	—	29,84	—	1,3351	—	357
60	—	30,76	—	1,3763	—	412
65	—	31,46	—	1,4076	—	313
70	—	31,87	—	1,4260	—	184

Anmerkung. Bei der Temperatur der Eiskälte zeigte sich nach dem Versuche etwas Feuchtigkeitsbeschlag in dem Halse des nach oben gekrümmten ersten Gefäſses des Instruments.

Dritter Versuch.

Temperat. nach Reaum.		Elasticität der eingeschlossenen Luft.		Raum der Luft den Raum bei 0 = 1		Unterschiede.
0°	—	22,70	—	1,0000	—	
5	—	23,20	—	1,0220	—	
10	—	23,70	—	1,0440	—	220
13	—	24,13	—	1,0630	—	190
20	—	24,68	—	1,0870	—	240
25	—	25,13	—	1,1070	—	200
30	—	25,67	—	1,1309	—	239
35	—	26,20	—	1,1546	—	237
40	—	26,77	—	1,1793	—	247
45	—	27,33	—	1,2040	—	247
50	—	27,92	—	1,2300	—	260
55	—	28,50	—	1,2555	—	255
60	—	29,04	—	1,2793	—	238
65	—	29,76	—	1,3071	—	278
70	—	30,50	—	1,3436	—	365
75	—	31,19	—	1,3740	—	304

Der Verfasser bemerkt hiebei, dafs die Ursache der im zweiten Versuche zum Vorschein gekommenen Feuchtigkeit in einem geringen Antheile von Feuchtigkeit, welcher noch innerhalb der Masse des in dem Gefäfse befindlichen Quecksilbers zurück geblieben war, und welcher sich während dem Versuche durch die Wirkung der Wärme in Dampfgestalt hinaus begeben hatte. Es wurden nemlich die beiden ersten Versuche nicht unmittelbar nach einander angestellt, sondern Herr S. hatte vor dem zweiten Versuche mehrere Beobachtungen über die Ausdehnung der feuchten Luft, wobei absichtlich Wasser in die Gefäfse des Elasticitätsmessers gebracht wurde, angestellt. Die Zweifel über den Einflufs der Feuchtigkeit bei den im zweiten Versuche gefundenen Ausdehnungen bewogen ihn, vor Anstellung des dritten Versuchs die Gefäfse des Elasticitätsmessers abermals mit der gröfsten Sorgfalt auszutrocknen.

Um noch ferner zu prüfen, ob die in dem dritten Versuche beobachteten Zunahmen in den Unterschieden der Ausdehnungen der Luft auch bei einer ganz trockenen Luft Statt finden, bemühte er sich die Ausdehnung der trockenen Luft bei einem hohen Grade der Wärme zu bestimmen. Er bediente sich dazu gläserner an Thermometerröhren geblasener Kugeln von ½ bis 1 Zoll im Durchmesser, deren Raum er durch Abwägen mit Quecksilber auf einer sehr empfindlichen Wage genau bestimmte. Die in der Kugel enthaltene Luft trocknete er auf die schon beschriebene Weise dadurch aus, dafs er die Oeffnung der Thermometerröhre an eine mit geglühetem Laugensalze zum Theil gefüllte

Flasche ankittete, und mehrere Tage hindurch bald die Kugel, bald die Flasche erwärmte. Die so gut getrocknete Kugel brachte er hierauf nebst einem bis zur Siedhitze des Quecksilbers reichenden Thermometer in eine kleine Sandkapelle über die Argandsche Lampe. Die Oeffnung der an der Kugel befindlichen Röhre verschloſs er, sobald das Thermometer den Grad der Wärme zeigte, bei welchem er die Ausdehnung der Luft bestimmen wollte, mit etwas Wachs, und brachte sie schnell in ein Gefäſs voll Quecksilber, das er vorher durch Kochen von seiner Luft gereinigt hatte. Indem die Atmosphäre das Quecksilber in die Kugel trieb, brachte er den ganzen Apparat auf die Temperatur der Eiskälte und maſs die lotrechte Höhe der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäſse. Das Gewicht des in das Luftgefäſs eingedrungenen Quecksilbers, verglichen mit dem, das den ganzen Raum der Kugel füllte, gab endlich das Verhältniſs der Ausdehnung der Luft an. Unter den Raum der Kugel wird hier aber auſser der eigentlichen Hölung der Kugel auch noch ein Theil der Röhre verstanden, so weit nemlich das Gefäſs in der Sandkapelle erwärmt wurde. Der übrige Raum der Röhre kömmt nicht in Betrachtung indem die Luft darin nicht merklich erwärmt wurde. Ueberhaupt aber betrug der Raum sehr wenig, weil die Röhre nur einige Zoll lang und sehr eng war. Auf diese Weise fand er den Raum der Luft bei 80° — 1,3577

160° — 1,7000,

bei einer Hitze bei der die Glaskugel anfieng weich zu werden 2,20.

Diese Versuche geben keine mit den höhern Graden der Wärme progressiv wachsende Ausdehnung der Luft, sondern stimmen vielmehr unter der Voraussetzung, daſs die Ausdehnungen der trockenen Luft der Wärme proportional seyen, mit den im ersten und dritten Versuche vermittelst des Elasticitätsmessers gefundenen Ausdehnungen der Luft überein. Man hat nemlich aus dem ersten Versuche den Raum der Luft bei 40° = 1,1780

dies giebt für 80° = 1,3560

160° = 1,7120

aus dem dritten Versuche den Raum der Luft bei 40° = 1,1793

80° = 1,3586

160° = 1,7172

Herr *Schmidt* glaubt, daſs aus der Uebereinstimmung seiner bei so verschiedenen Temperaturen angestellten Versuche der von *Amontons* und nachher von *Lambert* und *de Luc* behauptete Satz: daſs die Zunahmen der specifischen Elasticität der völlig trockenen Luft in verschlossenen Gefäſsen, so wie die Ausdehnungen der Luft bei offenen Gefäſsen den Unterschieden der Wärme proportional seien, vollkommen gerechtfertigt werde. Er glaubt die Abweichungen von diesem Gesetze, welche neuere Naturforscher gefunden

haben, so wie überhaupt die große Verschiedenheiten die in den Angaben der Ausdehnung der Luft durch die Wärme herrschen, rühren einzig von der Achtlosigkeit auf den Einfluſs der Feuchtigkeit bei der angewandten Luft her. Nimmt man für den Raum der Luft bei 80° aus den drei Zahlen:

1,3577
1,3560
1,3586

das Mittel 1,3574, so erhält man für die Ausdehnung der trockenen Luft durch einen Grad Wärme 0,0044675. Hiernach ist die folgende Tabelle berechnet worden.

Wärme			Raum der trocknen Luft.
0°	—	—	1,0000000
5°	—	—	1,0223375
10	—	—	1,0440750
15	—	—	1,0701250
20	—	—	1,0893500
25	—	—	1,1116875
30	—	—	1,1340250
35	—	—	1,1563625
40	—	—	1,1787000
45	—	—	1,2010375
50	—	—	1,2233750
55	—	—	1,2457125
60	—	—	1,2680500
65	—	—	1,2903875
70	—	—	1,3127250
75	—	—	1,3350625
80	—	—	1,3574000
120	—	—	1,5362500
160	—	—	1,7150000
200	—	—	1,9837500
240	—	—	1,0725000
280	—	—	1,2152500

Man sieht wie sich diese Tafel leicht erweitern oder bis auf einzelne Grade der Wärme ausdehnen läſst.

Wenn man diese berechneten Ausdehnungen mit den durch den Elasticitätsmesser im dritten Versuche erhaltenen Resultaten vergleicht, so sieht man, daſs die erstern die letztern bis zum 35sten Grad des Thermometers nur um wenige Tausendtheile übertreffen. Von diesem Punkte an kehret sich das Verhältniſs um, die beobachteten Werthe übertreffen die berechneten, und

zwar immer mehr, je näher die Temperatur der Siedhitze kommt. Soll nun hieraus keine mit der Wärme zunehmend wachsende Ausdehnung der Luft gefolgert werden, wie denn dieses die durch Beobachtung gefundenen Ausdehnungen der trockenen Luft bei 80°, 160° und der Glühehitze des Glases allerdings zu verbieten scheinen; so frägt sich: konnte ein sehr geringer Antheil von beigemischter Feuchtigkeit die specifische Elasticität der im Elasticitätsmesser eingeschlossenen Luft bei 75° Temperatur so viel vermehren, dafs die daraus hergeleitete Ausdehnung der Luft die Ausdehnung der trockenen Luft um 0,039 übertraf, indessen die Wirkung derselben Feuchtigkeit unter 35° Temperatur unmerkbar blieb.

Herr *Schmidt* meint diese Frage sei allerdings zu bejahen, wenn man bedenke wie schnell die Expansivkraft des Wasserdampfes unter 35° Temperatur abnehme. (S. Wasser und Wärme.) Dafs aber die unter 35° beobachteten Ausdehnungen der Luft noch etwas kleiner als die berechneten ausliefen, meint er sei wohl der Reibung des Quecksilbers am Glase der Röhre, welche erst bei den höhern Graden der Wärme überwogen werde, zuzuschreiben. Auch will der Herr Prof. gar nicht entscheiden, ob die Ausdehnungen der trocknen atmosphärischen Luft zu allen Zeiten dieselben sein, als welches nur durch eine lange fortgesetzte Reihe von Beobachtungen zu entscheiden ist. Es lasse sich vielmehr dieser Satz geradezu verneinen, wenn man nach *Duvernois's* Versuchen die Ausdehnung der Stickluft beträchtlich gröfser als die Ausdehnung der Lebensluft setze (s. diese Gasarten und Wärme) und bedenke, dafs das Verhältnifs der Mischung von beiden Luftarten in der Atmosphäre veränderlich sei 1); es haben indessen seine Versuche, die zu verschiedenen Zeiten angestellt wurden, gezeigt: dafs die veränderliche Ausdehnbarkeit der trockenen atmosphärischen Luft durchaus nicht beträchtlich sein könne.

Kirwan hat uns folgende Tabelle über die Ausdehnung der Luft durch verschiedene Wärmegrade bei verschiedenem Drucke (in s. phys. chem. Schrift. B. V. p. 260) gegeben.

1) *Dafs diese Veränderung des Verhältnisses jedoch nach den neuern Naturforschern sehr unbeträchtlich ist, ist eben in der die präsumirten Bestandtheile der Atmosphärischen Luft angebenden Note gesagt.*

Ueber die Länge einer Luftsäule, deren Grundlage 1 Quadratzoll ist, welcher so viel wiegt, als $\frac{1}{16}$ eines Cubikzolls Quecksilber; d. i. 344,32 Gran bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenen Höhen des Barometers.

Temperat.	Barometer.												
	29	29,1	29,2	29,3	29,4	29,5	29,6	29,7	29,8	29,9	30	30,1	30,2
40°	91,6	91,28	90,96	90,65	90,35	90,—	89,74	89,43	89,13	88,83	88,54	88,24	87,95
41	91,81	91,49	91,18	90,87	90,56	90,25	89,94	89,64	80,34	89,40	88,75	88,45	88,16
42	92,02	91,71	91,39	91,08	90,77	90,46	90,16	89,85	89,55	89,25	88,96	88,66	88,37
43	92,23	91,91	91,60	91,29	90,94	90,67	90,36	90,06	89,75	89,44	89,16	88,86	88,56
44	92,46	92,14	91,82	91,51	91,20	90,89	90,58	90,28	89,97	89,67	89,38	89,08	88,78
45	92,68	92,37	92,05	91,74	91,42	91,11	90,81	90,50	90,20	89,89	89,60	89,32	89,00
46	92,91	92,59	92,28	91,96	91,65	91,34	91,03	90,72	90,42	90,12	89,82	89,52	89,22
47	93,13	92,81	92,49	92,18	91,86	91,55	91,24	90,94	90,63	90,33	90,03	89,73	89,43
48	93,35	93,03	92,71	92,39	92,04	91,76	91,45	91,15	90,84	90,54	90,24	89,94	89,64
49	93,56	93,24	92,92	92,61	92,29	91,98	91,67	91,36	91,05	90,75	90,44	90,14	89,83
50	93,75	93,46	93,14	92,82	92,57	92,19	91,85	91,57	91,26	90,69	90,66	90,32	90,06
51	94,01	93,69	93,36	93,05	92,73	92,42	92,10	91,79	91,48	91,18	90,88	90,57	90,27
52	94,24	93,91	93,59	93,27	92,95	92,64	92,33	92,02	91,71	91,40	91,10	90,79	90,49
53	94,45	94,13	93,81	93,49	93,17	92,85	92,54	92,23	92,92	91,61	91,52	91,00	90,70
54	94,67	94,35	94,02	93,70	93,38	93,07	92,75	92,44	92,13	91,82	91,62	91,21	90,91
55	94,88	94,55	94,23	93,91	93,59	93,27	92,95	92,64	92,33	92,02	91,72	91,41	91,11
56	95,08	94,76	94,43	94,11	93,79	93,47	93,16	92,84	92,53	92,22	91,92	91,61	91,31
57	95,29	94,96	94,64	94,32	94,00	93,68	93,36	93,05	92,73	92,42	92,12	91,81	91,50
58	95,52	95,19	94,87	94,54	94,22	93,90	93,58	93,27	93,95	92,64	92,34	92,03	91,72
59	95,74	95,41	95,08	94,76	94,43	94,11	93,80	93,48	93,17	92,92	92,55	92,24	91,93
60	95,96	95,63	95,31	94,98	94,66	94,34	94,02	93,70	93,39	93,08	92,77	92,46	92,15
61	96,18	95,85	95,52	95,20	94,87	94,55	94,23	93,91	93,60	93,29	92,98	92,67	92,36
62	96,40	96,07	95,74	95,41	95,09	94,76	94,45	94,13	93,78	93,50	93,19	92,88	92,57
63	96,64	96,30	95,97	95,65	95,32	95,00	94,68	94,36	94,04	93,73	93,42	93,10	92,80
64	96,84	96,54	96,18	95,85	95,53	95,20	94,81	94,60	94,24	93,93	93,62	93,30	93,00
65	97,03	96,72	96,39	96,06	95,73	95,44	95,08	94,76	94,44	94,13	93,82	93,50	93,19
66	97,28	96,94	96,61	96,28	95,95	95,63	95,31	94,98	94,67	94,35	94,04	93,72	93,41
67	97,50	97,16	96,83	96,50	96,17	95,84	95,52	95,20	94,88	94,56	94,25	93,93	93,62
68	97,72	97,39	97,05	96,72	96,39	96,07	95,74	95,42	95,10	94,78	94,47	94,15	93,84
69	97,94	97,60	97,27	96,94	96,61	96,28	95,92	95,63	95,31	94,99	94,68	94,36	94,05
70	98,14	97,81	97,47	97,14	96,81	96,48	96,16	95,83	95,51	95,19	94,88	94,56	94,25
71	98,37	98,04	97,70	97,37	97,04	96,71	96,38	96,06	95,73	95,41	95,10	94,78	94,47
72	98,59	98,25	97,92	97,58	97,25	96,92	96,59	96,27	95,94	95,62	95,31	94,99	94,67
73	98,80	98,46	98,10	97,79	97,45	97,12	96,80	96,47	96,14	95,82	95,31	95,19	94,87

Herr *Schmidt* meint indessen es könne die veränderliche Ausdehnbarkeit der trockenen atmosphärischen Luft, wenn sie gleich nur gering ist, doch hin-

reichend seyn, den Gebrauch des Luftthermometers, wenn man durch dies Instrument sehr kleine Grade der Wärme messen will unsicher zu machen. Desto bessere Dienste werde aber das Luftthermometer als Pyrometer leisten, um hohe Grade der Hitze zu bestimmen. Hier kann man nach ihm kleine Abweichungen von dem allgemeinen Gesetze, welches die Ausdehnungen der trockenen Luft den Unterschieden der Wärme proportional setzt, übersehen, weil die etwa daraus entstehende Ungewifsheit von einem oder höchstens ein paar Graden der gewöhnlichen Thermometerscale bei der Angabe einer grofsen Hitze nicht in Betracht kommen. Er giebt folgenden Vorschlag zu der Einrichtung eines solchen Pyrometers.

a Fig. 5 Taf. XVIII. ist eine Kugel oder cylindrische Büchse von Kupfer, zwei Zoll im Durchmesser; von der Kugel führt eine gekrümmte Röhre b c d zu einer zweiten cylindrischen Büchse von Eisen e e zwei bis drei Zoll weit und bis 1 ½ Zoll hoch. Die Kugel, Röhre und Büchse müssen in einander geschraubt und recht gut im Feuer gelöthet seyn. Um sehr hohe Grade der Hitze zu messen, könnte man auch die Kugel a und den untern Theil der Röhre b c, so weit sie ins Feuer kommt, von gegossenem Eisen oder am besten von gegossener Platina machen. Die Büchse e e hat bei f eine einen halben Zoll weite Schraubenöffnung, in welche sich eine eiserne in der Mitte durchbohrte Schraube mit einem flachen Ansatz, welcher auf den Deckel der Büchse genau pafst, schraubt. Durch die Oeffnung der Schraube geht eine an beiden Ende offene Barometerröhre bis beinahe auf den Boden der Büchse. Vor dem Gebrauche des Werkzeugs trocknet man die in dem innern Raume der Gefäfse enthaltene Luft aus, indem man frisch geglühetes Laugensalz in die Büchse e e bringt, und den ganzen Apparat einige Tage lang verschlossen stehn lässet. Hierauf füllt man diese Büchse e e mit Quecksilber, welches auf dieselbe Weise ausgetrocknet ist, bringt die Barometerröhre mit der Schraube f auf die Büchse, und setzt die Kugel a in das Feuer, dessen Hitze gemessen werden soll. Aus dem Stande des Quecksilbers in der Barometerröhre f g findet man die Vermehrung der specifischen Elasticität durch Wärme, aus welcher sich auf die Ausdehnung der Luft, von dieser aber auf den Grad der Hitze schliefsen läfst. Damit das Quecksilber in der Büchse e e nicht beträchtlich erwärmt werde, so ist es dienlich diesen Theil des Apparats in ein Gefäfs voll kalten Wassers k i zu setzen, und wenn die Schraube f unter Wasser kommt, so erkennet man dadurch um so leichter, ob sie die Oeffnung der Büchse e e luftdicht verschliefst. Dies ist der Gebrauch des Werkzeuges im Allgemeinen, für welches Herr *Schmidt* noch folgende nöthige Correctionen angiebt. Indem das Quecksilber aus der Büchse e e in die Barometerröhre f g tritt, nimmt die Luft den von ihm verlassenen Raum in der Büchse ein. Diese Ausdehnung der Luft mufs zu der aus der Vermehrung der Elasticität gefundenen

addirt werden. Hiezu kömmt noch, daſs die in der Röhre b c d enthaltene Luft nicht sehr erwärmt, sondern nur von der in a erhitzten zusammengepresset wird; dadurch dehnt sich ebenfalls die in a enthaltene Luft aus, und man muſs auch diese Ausdehnung zu bestimmen suchen. Vorausgesetzt die in der Röhre b c d enthaltene Luft werde gar nicht erwärmt, sondern bloſs zusammengepreſst, und der Raum der Röhre sei zum Raume der Kugel wie 1 : m oder die Röhre $= \frac{1}{m}$ a, die Höhe des Quecksilbers in der Röhre f g, des Luftthermometers = h, der Stand des Barometers zur Zeit der Beobachtung = b, so hat man die Zusammenpressung der Luft in der Röhre nach dem Mariottischen Gesetze

$b + h : b = \frac{1}{m} a : \frac{b\,a}{m\,(b + h)}$ und hieraus die Ausdehnung der Luft in der Kugel $= \frac{a}{m} - \frac{b\,a}{m\,(b + h)} = \frac{h\,a}{m\,(b + h)}$ Dieser Ausdruck ist desto kleiner, je gröſser m, oder je kleiner der nicht erwärmte Theil der Röhre gegen den Raum der Kugeln ist. Der lothrechte Theil der Röhre welcher durch die Fortpflanzung der Wärme beträchtlich erhitzt wird, kann nach Beschaffenheit des Feuerbehälters, worin das Instrument gebraucht werden soll, 6 — 8 Zoll und darüber betragen. Der horizontale Schenkel der Röhre c d braucht nicht länger zu seyn als nöthig ist, die Büchse e e von der Wirkung des Feuers entfernt zu halten, etwa 6 Zoll. Die Weite der Röhre braucht nicht über eine Linie im Liehten zu halten. Dies gäbe bei der vorhin angenommenen Gröſse der Kugel a von zwei Zoll Durchmesser den nicht erwärmten Theil der Röhre $\frac{1}{130}$ des Raums der Kugel oder m = 130 für h = b würde die Ausdehnung der Luft $= \frac{1}{260}$ betragen, und für kleinere Werthe von h würde sie noch unbeträchtlicher sein. So lange h gegen b klein bleibt, ist der Ausdruck $\frac{h\,b}{(m\,b + h)}$ der Quecksilberhöhe h proportional, und wenn der gesammte Werth des Ausdrucks gegen den Werth von a nie sehr groſs wird, so darf man jene Proportion, wenigstens ohne merklichen Fehler, auch für gröſsere h gelten lassen. Da nun der in der Büchse e e entstehende Raum bei einer calibrirten Barometerröhre f g der Höhe h ebenfalls proportional ist, so kann man beide Correctionen entbehren, wenn man die durch das Pyrometer angezeigte Ausdehnung der Luft durch einen unmittelbaren Versuch bestimmt. Man schlieſse die in a enthaltene Luft bei der Temperatur der Eiskälte durch die Schraube f von der Atmosphäre ab; hierauf setze man die Kugel a nebst einem bis zur Siedhitze des Quecksilbers reichenden Thermometer in eine Sandkapelle und erhitzte die Sandkapelle bis zu einem bestimmten Grade des Thermometers, angenommen bis zu 160° der Reaum. Skale. Die beobachtete Barometerhöhe in f g = h, den Barometerstand = b, den Raum der Luft bei 160° = x bei der Eiskälte = 1 gesetzt, giebt die Proportion b : b + h = 1 : x den Raum der Luft bei 160° $= \frac{h}{b + h}$ 1, folglich die Ausdehnung der Luft für einen Grad der Wärme $= \frac{h}{160}$ b ohne die beiden Correctionen in Anschlag zu bringen. Hat man nun

bei

bei einem beliebigen Barometerstande B eine Höhe H in der Röhre B G gemessen, und sucht die dazu gehörige Wärme, so dividire man den Quotient $\frac{H}{B}$ durch die Gröfse $\frac{h}{160.b}$; der neue Quotient giebt die gesuchte Hitze in Graden der Reaumürschen Skale. Er erinnert noch, dafs sich zwar das Kupfer einigermafsen verkalken werde, welchem Uebelstande man nur durch die Anwendung eines viel kostbarern edeln Metalles vorbeugen könne, dafs er indessen demohngeachtet überzeugt sei, dafs diese Ursache einen nur sehr geringen Einflufs auf die zu messenden specifischen Elasticitäten der Luft haben werde, wenn man nur die in den Gefäfsen eingeschlossene Luft stets recht trocken erhält, weil die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit besonders das Verkalken der Metalle befördere. Ueberdem sei es nicht nöthig, die eingeschlossene Luft in der Kugel a zu erneuern, durch welchen Umstand sie ihre Wirkung auf die Verkalkung des Metalls bald verliere.

Dieselben Gründe, welche Herrn *Schmidt* zu seinen Versuchen aufforderten, vermogten auch Herrn *Dalton* zu Manchester dazu.

Zu seinen Versuchen bediente er sich einer geraden Barometerröhre, die nach ihrer Capacität genau abgetheilt war. Diese trocknete er mittelst eines mit Garn bewundenen Drahtes, und steckte sie mit dem offenen Ende durch einen Kork in eine Flasche, worin sich Schwefelsäure befindet, damit diese alle Feuchtigkeit aus der Röhre herausziehe. Darauf brachte er eine kleine Säule trocknen Quecksilbers bis zu einem bestimmten Punkte in die Manometerröhre hinab, und so war das Instrument zu den Versuchen mit atmosphärischer Luft im Stande. Aus einer grofsen Menge von Versuchen, die er mit der atmosphärischen Luft anstellte, ergab sich, dafs die Resultate *de Luc's*, *Roy's*, *Saussure's*, *Berthollet's* u. s. w. durchgehends der Wahrheit sehr nahe kommen, indessen die Versuche *Guyton Morveau's* und *Duvernois's* in den höhern Temperaturen sehr unrichtig sind.

Er fand wiederholt, dafs 1000 Theile atmosphärischer Luft, bei dem gewöhnlichen Luftdrucke im Manometer von 55° Fahr. Wärme bis auf 212° Fahr. erhitzt, sich zu einem Volumen von 1321 Theilen ausdehnen, welches, wenn man für die Ausdehnung des Glases noch 4 Theile hinzurechnet, eine Dilatation von 325 Theilen bei einer Erwärmung von 157° der Fahrenheit'schen Skale giebt.

Er bemerkt, dafs, was die Ausdehnung in den Zwischengraden betreffe, welche nach den Versuchen des Generals *Roy* über 57° hinaus langsam abnehmen, dagegen nach *Guyton's* Versuche in den höhern Theilen der Skale schnell steigen soll, so müsse er dem General *Roy* Recht geben. Indessen habe dieser die Abnahme von 72° herabwärts zuverläfsig zu grofs gemacht, weil er nicht bemerkte, dafs er einen Theil der elastischen Flüssigkeit, mit der er operirte, (Wasserdampf) in diesen abnehmenden Temperaturen wirklich zer-

störte. Hätte er seine Luft vorher durch Schwefelsäure oder auf andere Art getrocknet, so würde er keine so groſse Abnahme unterhalb 72° gefunden haben. *Daltons* Versuche gaben ihm für die ersten 77½ Gr. über 55° Fahr. eine Ausdehnung von 167, und für die nächsten 77½ Gr. nur von 158 Theilen, wobei die Ausdehnung durch die ganze Skale verhältniſsmäſsig abzunehmen schien, zu je höhern Temperaturen man kam. Hiernach würde, wie Herr *Gilbert* bei Anführung der Dalton'schen Versuche (Annal. der Physik, B. XII, St. 3, p. 314) richtig bemerkt, die Dilatation für die ersten 23° vom Frostpunkte bis 55° Fahr. etwa 52 Theile des Manometers, mithin die ganze Dilatation vom Frost- bis zum Siedepunkte 377 solcher Theile betragen, deren Luft von 55° Wärme 1000 einnimmt. Giebt man dem Volumen der Luft bei der Temperatur des gefrierenden Wassers 1000 Theile, so beträgt ihre Dilatation, wenn sie bis zum Siedepunkte des Wassers erhitzt wird, hienach 397,6 Theile. *Dalton* hat indessen hier durch einen kleinen Irrthum 77½ Gr. an Statt 78½ Gr. gesetzt. Da die Gilbert'schen Berechnungen (a. a. O.) in der Voraussetzung gemacht sind, daſs *Dalton* 157 richtig halbirt habe, so fallen sie jetzt etwas anders aus. Die Dilatation während der 23° von 32° bis 55° Fahr. beträgt nemlich wahrscheinlich nur 49 (nicht 52), und folglich die Dilatation vom Frost- bis zum Siedepunkte nur 374 (nicht 377) solcher Theile, dergleichen Luft von 55° Wärme 1000 einnimmt. Dieselbe Luft nimmt aber in der Temperatur des Frostpunkts nur 951 solcher Theile ein. Giebt man daher dem Volumen der Luft bei der Temperatur des frierenden Wassers 1000 Theile, so beträgt die Ausdehnung der Luft, wenn sie vom Frost- bis zum Siedepunkte erhitzt wird, Dalton's Versuchen gemäſs, 393,3 Theile. 1)

Die Abhandlung, in welcher *Dalton* diese seine Versuche zugleich mit andern über die Gasarten, über die Expansivkraft der Dämpfe, und über die Verdünstung beschreibt, wurde zu Anfang des Jahres 1801 in der Societät zu Manchester vorgelesen, und ist in den *Memoirs of the Litterary and Philosophical Society of Manchester*, 8. *Vol.* 5, *P.* 2, *London* 1802, *p.* 595 abgedruckt.

Bald nach *Dalton*, ehe er noch dessen Versuche kennen konnte, stellte *Gay Lussac* ähnliche an. (*Annales de Chimie*, *t.* 43, *p.* 137 bis 175; Gil-

1) Aus Versuchen, die *Dalton* noch ausser denen mit atmosphärischer Luft, mit Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, kohlensaurem Gas und Salpetergas anstellte, schloſs er: daſs alle expansibele Flüssigkeiten unter einerlei Druck sich durch Wärme gleichmäſsig ausdehnen, und jeder Ausdehnung des Quecksilbers im Thermometer die entsprechende Ausdehnung der Luft proportional ist, nur etwas abnehmend, desto mehr, je höher die Temperaturen steigen.

bert's Annalen der Physik, B. XII, St. 3, p. 257 ff.) Sein dabei gebrauchter Apparat war folgender: Der gläserne Ballon B, Fig. 6, Taf. XVIII, ist mit einem eisernen Hahne versehen, mit welchem sich eine gebogene Röhre I D (Fig. 7) verbinden läſst. Am Schlüssel des Hahnes befindet sich ein Hebel L L, der an beiden Enden mit Löchern versehen ist, in denen man die beiden Schnüre befestigt, mittelst deren der Hahn, wenn der Ballon unter Wasser steht, geöffnet oder geschlossen werden kann. Um die Gasart, mit der der Versuch angestellt werden soll, in den Ballon zu bringen, diente eine Glasglocke M (Fig. 6), die oben mit einem Hahne C und mit einer gebogenen Röhre T versehen ist, und die in einem Gefäſse Q S stehet. Gieſst man in dieses Gefäſs Wasser, und öffnet den Hahn C, so entweicht das Gas, das dadurch in der Glocke comprimirt wird, und steigt durch die gebogene Röhre in den Ballon B, der zu dem Ende über der pneumatischen Quecksilberwanne O P steht. 1) Ist der Ballon voll Gas, so schlieſst er den Hahn R, befestigt die Röhre I D (Fig. 7) und stellt den Ballon in ein Gestell aus Eisen, E F G H, welches er dann in ein kupfernes Gefäſs A D, das voll Wasser ist, setzet.

Um alle Gemeinschaft zwischen dem Gas im Ballon und der äussern Luft beim Oeffnen des Hahnes zu vermeiden, bringt er das Ende der Röhre I D in ein kleines Gefäſs K K mit Quecksilber, so, daſs die Oeffnung derselben sich ein oder zwei Millimeters unter der Quecksilberfläche befindet. Darauf erwärmet er das Wasserbad um den Ballon, und öffnet beim Steigen des Thermometers etwa von 10 zu 10° den Hahn, und drehet ihn sogleich wieder zu. Das im Ballon durch die Wärme ausgedehnte Gas entweicht dabei schnell in die Röhre, und treibt in kurzem die atmosphärische Luft ganz aus ihr heraus, so, daſs nach *Gay Lussac's* Angabe man schon von 40° an den Hahn ohne Besorgniſs während des ganzen Versuchs offen lassen könnte. Indessen zieht er es vor, den Hahn abwechselnd zu öffnen und zu schliessen, weil er gefunden hat, daſs, so das Gas im Ballon besser die Temperatur des Wasserbades annimmt. Hat das Wasser 15 bis 20 Minuten gekocht, (welches nach des Herrn *Gay Lussac's* Angabe völlig hinreicht, die ganze Gasmasse zur Temperatur des kochenden Wassers zu bringen) so ziehet er das Ende der Röhre I D aus dem Quecksilber, damit sich die Luft im Innern mit der äussern Luft völlig ins Gleichgewicht setzen könne, und schlieſst darauf sogleich den Hahn. Ist das Wasserbad durch Eis oder Wasser abgekühlt worden, so zieht er den Apparat heraus, nimmt den Ballon aus dem Gestell, schraubt die Röhre I D und selbst den Hebel L L ab, und taucht den Ballon ganz in ein Bad von gegebener Temperatur, (und zwar in den folgenden Versuchen von 0° R.) wo er ihn lange

1) *Diese Füllungsmethode ist indessen nur in dem Falle ohne nachtheilige Folgen für den Versuch, wenn trockne und feuchte Luft durchaus gleich dilatabel sind.*

genug läfst, um dieselbe Temperatur annehmen zu können. Wird alsdann der Hahn geöffnet, so steigt Wasser in den Ballon, und zwar ist, wenn die Oberfläche desselben in das Niveau der äussern Wasserfläche gebracht wird, das Volumen dieser Wassermasse dem Volumen der durch die Wärme aus dem Ballon heraus getriebenen Luft nach dem Herrn *Gay Lussac* vollkommen gleich. 1) Er schliefst nun den Hahn, nimmt den Ballon heraus, trocknet ihn auswärts sorgfältig ab, und wiegt ihn. Darauf wird er voll Wasser, und auch ganz wasserleer gewogen. Um das Verhältnifs des Luftvolums, welches aus dem Ballon durch Erwärmung entwichen ist, zu dem anfänglichen Luftvolum, das den ganzen Ballon erfüllte, zu erhalten, zieht er das letztere Gewicht von den beiden erstern ab, weil diese Gewichte in demselben Verhältnifs, als die Capacitäten stehen.

Weil der hier beschriebene Apparat wegen des Kittes und des Hahns, der des Quecksilbers wegen aus Eisen sein mufs, schwer auszuführen ist, so führt er noch einen zweiten Apparat an, dessen er sich gleichfalls bediente, und der bei der Leichtigkeit der Ausführbarkeit alle Vorzüge des ersten Apparats in sich vereinigen soll. Er besteht aus einem blofsen Ballon, dessen Hals wenigstens ein Decimètre (8 Zoll) lang und mit einer Skale versehen sein mufs, deren Theile sehr klein sind. Er wird auf die beschriebene Art mit der Luft über der pneumatischen Quecksilberwanne gefüllt; darauf wird der Hals wenigstens 2 Centimètres weit in ein gewöhnliches Glas voll Quecksilber getaucht, und in dieser Lage in dem eisernen Gestelle befestigt. Sollte er in diesem Zustande in das Wasserbad gesetzt werden, so würde die beim Erwärmen sich ausdehnende Luft nicht blos den Druck des sie sperrenden Quecksilbers, sondern auch des Wassers im Wasserbade zu überwinden haben, ehe sie entweichen könnte. Um dieses zu vermeiden, bringt er in den Hals des Ballons den aufwärts gehenden Schenkel einer sehr feinen doppelt gebogenen Glasröhre, deren oberes Ende sorgfältig verstopft ist, damit hiebei kein Quecksilber hinein kommen könne. Die untere Oeffnung mufs über das Quecksilber-Niveau a c im Halse des Ballons hervorragen. Ein um die Mitte der Röhre geschlungener, über eine Unterlage fortgehender Faden, an den ein Gewicht so gehängt wird, dafs es die Röhre aufwärts zu ziehen strebt, hält die Röhre in ihrer Lage. Ist der Apparat so weit eingerichtet, so taucht man ihn in ein Gefäfs, worin sich das Wasser dann gerade in der Höhe befindet, die es im Wasserbade haben soll, und öffnet einen Augenblik das Ende der Röhre, um die Gleichheit des Drucks

1) *Es ist dies nur unter der Bedingung wahr, dafs die Luft, wenn sie vorher trocken war, und nun feucht werden könnte, dadurch sich in ihrem Volumen nicht verändert.* v. S.

zwischen der Luft im Innern und der äufsern Luft wieder herzustellen. Darauf bemerkt er genau das Quecksilberniveau im Halse der Retorte nach der Skale, indem das Luftvolumen im Ballon nur bis dahin zu rechnen ist, setzt nun den Ballon in ein Bad von heissem Wasser, und öffnet das Ende der Röhre unter Quecksilber, so, dafs es, wie im ersten Apparate, mit Quecksilber gesperrt bleibt. Wenn der Ballon die Temperatur des kochenden Wassers durchgängig angenommnn hat, so zieht er erst das äussere Ende der Röhre aus der Quecksilberschale, und dann die ganze Glasröhre aus dem Halse des Ballons, und erkältet das Wasserbad. Dabei steigt das Quecksilber in den Hals des Ballons hinauf; doch ist es leicht, wenn alles bis zu einer bestimmten Temperatur herab gekommen ist, statt dessen Wasser in den Hals der Retorte zu bringen. Die Capacität des Ballons, und die Gröfse des Luftvolums, das durch Erwärmung aus dem Ballon entwichen ist, werden auf dieselbe Art, wie zuvor, gemessen, nur dafs jetzt das Gewicht des leeren Ballons um das Gewicht der Wassersäule zu vermehren ist, die den Raum vom Rande des Halses, bis an das Niveau im Halse einnimmt.

Um die Feuchtigkeit aus den Apparaten, wie er glaubt, völlig zu verbannen, gieng er folgendermafsen zu Werke. War der Ballon sichtlich feucht, so wischte er ihn mit Löschpapier aus, erwärmte ihn darauf, um alle übrige Feuchtigkeit zu verdampfen, und suchte den sich bildenden Dampf mit einem Blasebalge, an den er eine Glasröhre angebracht hatte, heraus zu jagen. Diese Operation wiederholte er mehrmals mit dem Ballon und mit der Röhre, und beide wurden dadurch vollkommen trocken. Das Quecksilber, dessen er sich bediente, war durchgehends sehr rein, und sehr trocken. Bei allen seinen Versuchen brachte er die Temperatur der Gasarten zum Frostpunkte herab, indem er den ganzen Apparat, nachdem er aus dem Wasserbade, in welchem er während des Versuchs stand, heraus gehoben worden, in Wasser setzte, worin sich Eis befand, und ihn darin, unter öfterm Umrühren des Eises etwa eine halbe Stunde lang stehen liefs. Die zweite feste Temperatur, bei der er in diesen Versuchen mit den Gasarten steben blieb, war die des kochenden Wassers.

Sechs Versuche mit atmosphärischer Luft, bei denen er sich der beiden eben beschriebenen Apparate, und zwar am meisten des zweiten bediente, und alles, was Unzuverläfsigkeiten erzeugen könnte, möglichst vermied, gaben ihm folgende Resultate: Atmosphärische Luft, die bei der Temperatur des schmelzenden Schnees ein Volumen von 100 Theile einnahm, (sein Ballon fafste ohngefähr 350 Grammes, nicht volle $11\frac{1}{2}$ Unze, Wasser) bis zur Wärme des kochenden Wassers erhitzt, hatte sich ausgedehnt bis zu einem Volumen von 137,4; 137,6; 137,44; 137,55; 137,48; 137,57; solcher Theile, welches im Mittel eine Ausdehnung bis auf etwa 137,5 Theile giebt.

Er bemerkt hiebei, daſs, so äusserst geringe diese Unterschiede auch sind er doch glaube, daſs er sie noch würde haben vermeiden können, wenn er den Barometerstand im Augenblicke des Kochens mit in Rechnung gebracht hätte. Er habe zwar nie vergessen, nach dem Stande des Thermometers im kochenden Wasser zu sehen, indessen nie merkliche Verschiedenheiten darin wahrgenommen. Auch hätte es in der That eine Veränderung im Barometerstande von einem ganzen Zolle bedurft, um in dem Siedepunkte des Wassers eine Veränderung von 1° hervorzubringen. Auf jeden Fall meint er, müsse das Mittel von 137,5 Theilen der Wahrheit äuſserst nahe kommen.

Wird die ganze Dilatation gleichmäſsig auf die 80 Grade, die nach Reaumür's Skale zwischen dem Frost- und Siedpunkte liegen, vertheilt, so kömmt auf jeden Grad im Durchschnitte eine Dilatation von $\frac{1}{213,33}$ des Luftvolums von 0 Temperatur. 1)

Herr *Gilbert* bemerkt über diese Versuche Folgendes (in. s. Annal. B. XII, p. 396): Es wurde bei dem Versuche *Gay Lussac's* in den gläsernen Ballons auch zugleich das Glas ausgedehnt, so, daſs die Luft, welche nach dem Erkalten im Ballon blieb, in der Siedhitze einen gröſsern Raum eingenommen hatte, als den Inhalt des Ballons bei gewöhnlicher Temperatur, in welcher derselbe sich unstreitig befand, als seine Capacität durch Abwägen bestimmt

1) Aus allen seinen Versuchen, die er sowohl mit den verschiedenen Gasarten, als den Wasser- und Aetherdämpfen anstellte, folgert er das Gesetz, daſs alle Gasarten und Dämpfe durch gleiche Grade von Wärme verhältniſsmäſsig gleich ausgedehnt werden. Die Abweichung seiner Resultate, von denen der Herren *Duvernois* und *Guyton Morveau* erklärt er daraus, daſs der Apparat der letztern nicht ganz wasserfrei gewesen sein mögte. Auch bemerkt er, daſs das Resultat seiner vielen Versuche, nach welchem sich die verschiedenen Gasarten durch Wärme von 0° bis 80° verhältniſsmäſsig um gleich viel ausdehnen, schon der Bürger *Charles* 15 Jahre früher erhalten, aber nicht bekannt gemacht habe.

Charles Apparat bestand nach G. L. aus einem Barometer, mit einem sehr langen luftleeren Raume. Das zu untersuchende Gas wurde bei 0° Wärme und einem Drucke von 28 Zoll Quecksilberhöhe in das Gefäſs des Barometers verschlossen, und dieses in kochendes Wasser gebracht Dabei stieg das Quecksilber in die Röhre, und der Ueberschuſs der Quecksilberhöhe über 28 Zoll maſs die Zunahme der Elasticität der eingeschlossenen Luft. Als Herr G. L. diesen Apparat bei *Charles* selbst besah, fand er indessen, daſs die Röhre im Verhältnisse des Gefäſses sehr weit war, daher sich das Luftvolum beim Ansteigen des Quecksilbers in der Röhre beträchtlich verändern muſste. Dann aber miſst die Quecksilberhöhe über 28 Zoll nicht mehr die ganze Zunahme an Elasticität des Gas. Daher glaubt G. L., daſs sich die wahre Ausdehnung der Gasarten aus diesen Versuchen nicht mit Sicherheit ableiten lasse.

wurde. Das Resultat *Gay Lussac's* ist daher zu klein. Die Gasarten haben sich in allen seinen Versuchen wirklich stärker ausgedehnt, und zwar um den Raum, um welchen der Glasballon sich erweitern mufste, als er von der gewöhnlichen Temperatur bis zur Siedhitze erwärmt wurde. Wie grofs ist aber dieser Raum? Bei einer Erwärmung vom Frost- bis zum Siedpunkte dehnt sich Glas nach *Smeatons* pyrometrischen Versuchen um 0,00083, nach *Bouguer's* Bestimmung um 0,00078 *) aus. Für eine Ausdehnung von der gewöhnlichen Temperatur bis zum Siedepunkte können wir daher etwa 0.00072. rechnen. Diese Ausdehnung ist linear, bei der Ausdehnung einer Kugeloberfläche von Glas, dehnt sich daher die Peripherie des gröfsten Kreises um diese Gröfse aus.

Fafste der Ballon in der gewöhnlichen Temperatur 350 Grammes = 11,448 franz. Unzen reinen Wassers, so betrug seine Capacität in dieser Temperatur 17,8 Pariser Duodez = Cubikzoll (da nach *Schmidt's* Versuchen ein Pariser Cubikzoll reinen Wassers 370,27 fr. Grains wiegt.) Nehmen wir den Ballon für eine Kugel, so mufste folglich der Halbmesser desselben 1,62 Pariser Zoll betragen.

Ist nun r der Halbmesser, P die Peripherie I der Inhalt einer Kugel, und π die Zahl *Ludolphs* von Cöln, so ist bekanntlich $P = 2\pi r$ und $I = \frac{4}{3} r^3$, und daher, wenn wir zusammengehörige sehr kleine Incremente als Differentiale betrachten $dP = 2\pi . dr$ und $dI = 4\pi r^2 . dr$; folglich $dI = 2r^2 d. P$.

Folglich ist in unserm Falle das Increment des Inhalts $dI = 5{,}25 . 0.00072 = 0{,}00378$. Nun hielt aber der ganze Ballon, als ihn *Gay Lussac* abwog, 1375 solcher Theile, wovon das Gas bei 0° Temperatur 1000 Tausendtheile einnimmt. Folglich ist das Increment des Inhalts des Ballons = 0,00378. 1375 = 5,2; und um so viel sind die Resultate *Gay Lussac's* wegen der von ihm nicht beachteten Ausdehnung des Glases zu erhöhen. Es dehnet sich also, seinen Versuchen gemäfs, die atmosphärische Luft 1) vom Frost- bis zum Siedepunkte um 375 + 5,2, oder um 380 solcher Theile aus, deren die Luftarten bei 0° R. 1000 einnehmen; oder um $\frac{80}{2\ 0{,}53}$ ihres ganzen Volums. Hiedurch rücken auch *Dalton's* Resultaten die von *Gay Lussac* näher, und man hätte die Ausdehnung durch die Wärme gleichförmig angenommen für 1° des Reaum. Thermometers 0,00475 Ausdehnung der Luft 2)

*) *S. Glas und Wärme bei Kieselerde, Laugensalz und Wärme.*

1) *Und nach seinem Gesetze alle Luftarten und Dämpfe.*

2) *Wir können hier nicht umhin ein Beispiel von der Sorglosigkeit mancher Naturforscher um die Versuche anderer über den von ihnen zu bearbeitenden Gegenstand anzuführen.* Gay Lussac *gab vor der Erzählung seiner Versuche (a. a. O.) über die Dilatation der Luft durch Wärme, einen historischen Abrifs der Resultate*

Prof. *Heller* zu Fulda sperrte, um *Dalton's* und *Gay Lussac's* Versuche zu prüfen, an einem Tage, als das Thermometer auf 0° stand, im Freien eine Luftsäule in eine Röhre, mafs ihre Länge, und beobachtete sie mit Sorgfalt bei verschiedenen Wärmegraden. Folgende Tabelle enthält die beobachteten, und zugleich die nach *Gay Lussac* und *Dalton* berechneten Längen. Thermo-

anderer über diesen Gegenstand, und liefs gerade die wichtigsten unbeachtet. Denn er gedachte mit keiner Silbe weder der ältern Versuche von Lambert, *noch der neuern mit so grofser Sorgfalt angestellten vom Herrn* Prof. Schmidt *in Giefsen. Freilich ist ihm diese Nachläfsigkeit kaum als individuellen Gelehrten zuzuschreiben, sondern vielmehr seiner Franzosennatur beizumessen, indem man keiner Nation mit so vielem Rechte Achtlosigkeit gegen die Kenntnisse der Ausländer vorwerfen kann, als den Franzosen.*

Uebrigens sieht man, dafs der oben angeführte Versuch des genauen Herrn Luz *das Resultat der* Gay Lussac'schen *Versuche nur um anderthalb Tausendtheile übertrifft, und dasselbe daher aufs Beste bestätigt. Setzen wir wegen der Dilatation des Glases, die* Luz *nicht mit in Rechnung gebracht hat, noch* 4,5 *Theile hinzu, so ist nach diesem Versuche des Herrn* Luz *die Dilatation getrockneter Luft vom Frost- bis zum Siedpunkte* 0,382. *Wäre bei der Bestimmung des Siedpunkts am Quecksilberthermometer, dessen Herr* Luz *sich zu diesem Versuche bediente, keine Correction wegen Reducirung des Barometerstands auf den Normalstand angebracht worden (wie es fast scheint), so müfsten zu dieser Dilatation noch* 9. 0,382 = 3,5 *Theile zugesetzt werden. (Luz von Barometer, Anhang, p.* 33.) *Das gäbe also eine Dilatation von* 0,385, *welche ziemlich in die Mitte zwischen* Gay Lussac's *und* Dalton's *Bestimmungen fällt.*

Zehn Reaumur'sche *Grade sind gleich* 22 1/2 Fahrenheit'schen *Graden. Da nun Herr* Luz *die Dilatation getrockneter Luft von* 0° *bis* 10° *Reaum.* = 0,047 *gefunden hat, so mufs sein Versuch für die ersten* 23° *Fahr. vom natürlichen Frostpunkte bis* 55° *eine Ausdehnung von etwas mehr, als* 0,049 *gegeben haben, welches genau mit* Gilbert's *Berechnung nach* Dalton's *Versuchen übereinstimmt. Nach dem Versuche des Herrn* Luz *steht ferner die Dilatation von* 10° *bis* 45° Reaum. (54 1/2 *bis* 133 1/4 *Gr.* Fahr.) *zu der von* 45 *bis* 80° Reaum. *in dem Verhältnisse von* 167 : 163,5. *oder (wegen der Ausdehnung des Glases) von etwa* 169 : 165,5. *Dagegen verhalten sich nach* Dalton *die Dilatationen von* 55° *bis* 133 1/4 *Gr.* Fahr. *und von da bis* 212° Fahr. *zu einander wie* 167 : 158. Luz's *Versuch bestätigt demnach* Dalton's *Behauptung, dafs das Quecksilber sich in höhern Temperaturen verhältnifsmäfsig stärker, als die Luft ausdehnt. Der dritte Versuch des Herrn Prof.* Schmidt *scheint zwar das Umgekehrte zu beweisen; indessen verdient derselbe weniger Zutrauen, als die hier erwähnten, weil die zu schnelle Progression der Ausdehnung bei* 70 *und* 75 *Grad beweifst, dafs der Apparat nicht ganz wasserleer war. Ferner stimmen die wichtigen Versuche der Herrn* Dalton *und* Gay Lussac *so genau mit des Herrn* de Luc's *Regel für die Correction der Barometer-*

Thermometer.	Länge der Luftsäule. beobachtete	berechnete nach Gay Lussac.	berechnete nach Dalton.
0° R.	27,3'''		
20	30	29,8'''	30'''
25	31,1	30,5	30,6
30	31,2	31,1	31,3
35	32,2	31,8	32

Ob nun schon mit diesen Beobachtungen die Berechnungen nach *Dalton's* Angabe am Besten zusammenstimmen, so glaubt er doch daſs *Gay Lussac's* Bestimmung vorzuziehen sei, weil *Dalton's* Angabe einen Feuchtigkeitszustand der Luft von 70° voraussetzte, welcher doch nur höchst selten Statt finde; hingegen *Gay Lussac's* durch *Gilbert* corrigirte Bestimmung der Ausdehnung der Luft für 1° R. um 0,00475 zu einem Hygrometerstande von 40° gehöre. 1) (Gilbert's Annalen B. XVI. p. 98.)

Thomsom giebt uns (System der Chemie, teutsche Uebersetz. B. I. p. 448) folgende, wahrscheinlich auf *Dalton's* und *Gay Lussac's* Versuche gegründete Tabelle über Volumen einer bestimmten Menge Luft für alle Temperaturen von 32° bis 212°

rometerhöhe wegen der Wärme überein (wie man finden wird, wenn man das, was unter der Note, die die barometrischen Höhenmessungen abhandelt, (p. 195 ff.; 202 ff.) und unter Luft und Wärme von der de Luc'schen *Bestimmung der Ausdehnung der Luft durch Wärme angeführt ist, mit den Resultaten dieser beiden Physiker aufmerksam vergleichen will), daſs sie dieselbe gegen den Tadel* Schukburg's *und* Roy's *(s. die barometr. Höhemessungen) aufs Beste vertheidigen. Eben so wenig scheinen auch aus diesen Gründen* Trembley's *und* la Place's *Veränderungen der* de Luc'schen *Regel der Regel selbst vorzuziehen zu sein.*

Wenn de Luc's *Regel nicht immer mit den Messungen übereinstimmt, so möchte die Schuld wohl eher daran liegen, daſs das Mittel aus den Temperaturen an beiden Stationen nicht immer die mittlere Temperatur der ganzen Luftschicht ist, welches nach* de Luc's *Regel vorausgesetzt wird.*

1) *Gehörig würdigen kann man diese* Heller'sche *Bemerkung erst, wenn man unter Luft, Wasser und Wärme nachgesehen hat, welchen Einfluſs die in der Luft vorhandene Feuchtigkeit auf die Ausdehnung derselben durch Wärme hat.* *v. S.*

Temper.	Volumen	Temper.	Volumen	Temper.	Volumen
32	100000	59	105616	86	111232
33	100208	60	105824	87	111440
34	100416	61	106032	88	111648
35	100624	62	106240	89	111856
36	100832	63	106448	90	112064
37	101040	64	106656	91	112272
38	101248	65	106864	92	112486
39	101456	66	107070	93	112688
40	101664	67	107280	94	112896
41	101872	68	107488	95	113104
42	102080	69	107696	96	113312
43	102288	70	107904	97	113520
44	102496	71	108112	98	113728
45	102764	72	108320	99	113936
46	102912	73	108528	100	114144
47	103120	74	108736	110	116224
48	103328	75	108944	120	118304
49	103536	76	109152	130	120384
50	103744	77	109360	140	122464
51	103952	78	109568	150	144544
52	104160	79	109776	160	126624
53	104268	80	109984	170	128704
54	104576	81	110192	180	130784
55	104748	82	110400	190	132864
56	104992	83	110608	200	134944
57	105220	84	110816	210	137024
58	105408	85	111024	212	137440

Saussure der jüngere sagt (*Observat. s. la physique etc. p. Rozier, Mongez et de la Metherie, T.* XXXVI *à Paris* 1790, 4. *Fevr. p.* 98) sein Vater habe vermittelst eines Manometers von seiner eigenen Erfindung Versuche gemacht, die alle dahin übereinstimmten, daſs die durch die Wärme verursachten Ausdehnungen der atmosphärischen Luft in einer dünnen Luft gröſser sind als in einer dichten.

Halle führt (fortgesetzte Magie B. XII. p. 296) folgende Versuche die die Ausdehnung der Luft und das Aufsteigen der ausgedehnten Luft in der kältern beweisen, an: Bringt man ein glühendes Eisen unter die eine Schale einer Wage die im Gleichgewichte steht, so verdünnet sich die Luft sobald das glühende Eisen unter die Schaale kommt, steigt auf, und treibt die Schale in die Höhe: so daſs die gegenseitige Schale sinkt, gleich als wenn ein Gewicht hineingelegt wäre.

Rollet man ein Blatt gemeines Schreibpapier in eine conische Gestalt zusammen, und steckt oben eine Stecknadel daran, daſs es sich nicht wieder aufrollen kann, befestigt es mit dem obern Ende unten an die Schale einer Wage mit einem Faden; legt dann soviel Gewicht in die andere Schale als nöthig ist, die Schale ins Gleichgewicht zu bringen, oder läſst lieber die Schale, an welcher das zusammengerollte Papier hängt, ein wenig schwerer seyn, hält nun die Wage schwebend, und bringt ein brennendes Licht unter die Oeffnung des Papiers, so wird die Luft sich unter dem Papiere erhitzen, dasselbe aufheben, und die gegenseitige Schale wird nach und nach sinken. Nimmt man das Licht weg, so wird der Papiersack nicht gleich wieder sinken, sondern erst nach und nach, wenn die Luft sich abkühlt.

Anhang zu Atmosphär. Luft und Wärme.

Aerostat.

Auf die Möglichkeit die Luft durch die Wärme auszudehnen, folglich specifisch leichter zu machen, gründet sich die Anwendbarkeit der erhitzten Luft zu der Erhebung beträchtlicher Lasten in die obern Schichten der Erdatmosphäre, d. ist zu der Erhebung der Maschine, die Aerostat. Montgolfiere, aerostatische Maschine, Luftball (*Machina aerostatica, Aerostat, Montgolfiere, Machine ou Ballon aerostatique*) genannt wird. Wenn schon die Luftschiffarth noch nicht entdeckt ist, d. h. ob man gleich denen in die Luft erhobenen Körpern durch Kunst bis jetzt noch nicht eine willkührliche Richtung hat geben können, so ist doch eine genaue Untersuchung der Gesetze nach denen die Construction der aufsteigenden Maschine gemodelt werden muſs, dem Physiker sehr wichtig, weil man ohne deutliche Kenntniſs derselben, niemals auf das Ziel, diese Maschine in dem Luftoceane steuern zu können, das zu erreichen so wünschenswerth ist, losgehn kann.

Nach hydrostatischen Gesetzen verliert ein Körper in der Luft von seinem Gewichte so viel als das Gewicht der Luft beträgt, welche der Körper verdrängt. Gesetzt also es sei der körperliche Raum, den die Maschine in der Luft einnimmt, in Cubikfuſs gleich c, und das Gewicht eines Cubikfuſses gleich p, so verliert der Körper in der Luft das Gewicht p c. Man setze ferner das Gewicht eines Cubikfuſses von der Materie mit der der Körper angefüllt wurde $= a$, mithin das ganze Gewicht dieser Materie $= a\,c$; endlich setze man noch das Gewicht des Körpers selbst mit der daran gehängten Last $= q$; so wird nun das gesammte Gewicht des Körpers mit der darin enthaltenen Materie $= q + a\,c$ seyn. Hieraus erhellet nun daſs der Körper in der Luft in die

Aerostat.

Höhe steigen müsse, wenn $p\,c$ gröfser als $q + a\,c$ ist; denn alsdann wird er mit einer Kraft $= p\,c - (q + a\,c) = p\,c - q - a\,c = (p - a)\,c - q$ aufsteigen. Sollte die Luftmaschine nicht aufsteigen, sondern nur schweben, so mufs offenbar $o = (p - a)\,c - q$, folglich $q = (p - a)\,c$ seyn. Hieraus findet man also $c = \frac{q}{p - a}$. Nun nehme man die ganze Oberfläche der Hülle der Luftmaschine in Quadratfufs ausgedruckt $= m$, und das Gewicht eines Quadratfufses von dieser Hülle $= n$, mithin das ganze Gewicht dieser Hülle $= m\,n$, so wird nun die ganze Last, wenn die schwebende Maschine weiter keine Last tragen soll, $= m\,n$ sein, und es ergiebt sich $c = \frac{m\,n}{p - a}$. Hätte die Luftmaschine die Gestalt einer Kugel deren Durchmesser $= d$ wäre, so würde $m = \mathfrak{p}\,d^2$ und $m\,n = \mathfrak{p}\,d^2\,n$, und $c = \frac{1}{6}\,\mathfrak{p}\,d^3$ seyn, wenn das Verhältnifs des Durchmessers zur Peripherie $= 1 : \mathfrak{p}$ gesetzt wird, demnach wird
$\frac{1}{6}\,d = \frac{n}{p - a}$ und $d = \frac{6\,n}{p - a}$ gefunden.

Wenn also eine Luftmaschine in Gestalt einer Kugelhülle mit Gas angefüllt, in der Luft schweben soll, so wird ihr Durchmesser gefunden, wenn man das Gewicht des Quadratfufses der Hülle mit sechs multiplicirt, und dieses Produkt durch die Differenz von dem Gewichte eines Cubikfufses atmosphärischer Luft und von dem Gewichte eines Cubikfufses erhitzter (oder brennbarer) Luft dividirt. Nähme man den auf diese Weise berechneten Durchmesser nur etwas gröfser an, so würde der schwebende Luftball steigen müssen. Denn ohne Zweifel mufs der Luftball steigen, wenn das Gewicht der Kugelhülle und der darin befindlichen erhitzten Luft kleiner als das Gewicht der verdrängten Luft, oder: $\frac{1}{6}\,\mathfrak{p}\,d^3\,p > \frac{1}{6}\,\mathfrak{p}\,d^3\,a + \mathfrak{p}\,d^2\,n$ ist; folglich
$\frac{1}{6}\,\mathfrak{p}\,d^3\,(p - a) > \mathfrak{p}\,d^2\,n$ oder $\frac{1}{6}\,d\,(p - a) > n$ oder $d > \frac{6\,n}{p - a}$

Sollte der Luftball blofs durch Erwärmung der in demselben befindlichen atmosphärischen Luft schwebend erhalten werden, so setze man, es würde die innere Luft durch die Erwärmung etwa um $\frac{1}{3}$ leichter, als die äufsere atmosphärische Luft; alsdann würde der Durchmesser des Luftballs gefunden,
$d = \frac{6\,n}{p - 2/3\,p} = \frac{18\,n}{p}$.

Setzt man hingegen die brennbare Luft womit man etwa den Ballon anfüllen wollte, ohngefähr sechs Mal leichter als die atmosphärische, so ist der Durchmesser der schwebenden Kugel $d = \frac{6\,n}{p - 1/6\,p} = \frac{(7\,1/5)\,n}{p}$; nach dieser Voraussetzung würde also bei einerlei Zeug die mit erwärmter atmosphärischer Luft angefüllte Kugel einen $\frac{18}{7\,1/5} = 2\frac{1}{2}$ Mal gröfsern Durchmesser also auch $6\frac{1}{4}$ Mal mehr Zeug zur Hülle haben müssen, als die mit brennbarer Luft angefüllte.

Aerostat.

Es wiege z. B. ein jeder Quadratfufs der Hülle $1\frac{1}{2}$ Loth, jeder Cubikfufs atmosphärischer Luft $= 2$ Loth und ein Cubikfufs brennbarer Luft $= \frac{1}{3}$ Loth, so wird der Durchmesser der schwebenden Kugel
$d = \frac{6 \cdot 1\frac{1}{2}}{2 - \frac{1}{3}} = \frac{9}{1\frac{2}{3}} = \frac{27}{5} = 5\frac{2}{5}$ Fufs; daher müfste der Durchmesser für erwärmte Luft $5\frac{2}{5} \cdot 2\frac{1}{2} = 13\frac{1}{2}$ Fufs, und wenn die Kugel steigen sollte, 14 bis 15 Fufs grofs seyn. Wenn der Luftball noch eine beträchtliche Last, als Menschen und andere Sachen tragen sollte, so erhellet, dafs er alsdann in der Luft schwebend erhalten werden müsse, wenn das Gewicht des Balles, der darin enthaltenen dünnern Luft und der angehängten Last zusammen eben so grofs ist, als das Gewicht der verdrängten Luft. Setzt man nun die an den Luftball gehängte Last $= b$, so wird im Falle des Gleichgewichts seyn müssen:
$\frac{1}{6} \pi d^3 p. = \frac{1}{6} \pi d^3 a + \pi d^2 n + b.$

Das wäre demnach eine kubische Gleichung, wenn der Werth von d als unbekannt angenommen wird. Sie läfst sich in dieser Rücksicht auf folgende Form bringen: $\frac{1}{6} \pi d^3 (p - a) - \pi n d^2 = b$ und:
$d^3 - \frac{6n}{p - a} \cdot d^2 = \frac{6b}{(p - a)\pi}.$

Aus dieser Gleichung würde sich nun der Werth von d in jedem besondern Falle finden lassen. Es sei z. B. wie vorhin $p = 2$ Loth, $n = 1\frac{1}{2}$ Loth $= \frac{3}{2}$ Loth $a = \frac{1}{3}$ Loth und $b = 200$ Pfund $= 6400$ Loth so findet man
$6^b = 6 \cdot 6400 = 38400$ Loth, $(p - a) \pi = \frac{5}{3} \cdot 3{,}1416 = 5{,}236$, folglich:
$\frac{6b}{(p - a)\pi} = \frac{38400}{5{,}236} = 7353$; $6n = \frac{3}{2} \cdot 6 = 9$ und $\frac{6n}{p - a} = 9 : \frac{5}{3} = \frac{27}{5} = 5\frac{2}{5}$; es ist also ohngefähr die Gleichung: $d^3 - (5\frac{2}{5}) d^2 = 7353.$

Setzt man nun für d nach und nach immer andere und andere bestimmte Werthe, und vergleicht alles gehörig mit einander, so wird man dadurch d ziemlich genau finden können. Nähme man hier d gleich 20 Fufs, so erhält man $d^3 - (5\frac{2}{5}) d^2 = 5740$, also noch nicht wie verlangt wird 7353. Nähme man ferner $d = 21$ Fufs, so ergäbe sich $d^3 - 5\frac{2}{5} d^2 = 6980$ also gleichfalls noch nicht 7353. Setzt man noch weiter $d = 22$ Fufs, so würde $d^3 - 5\frac{2}{5} d^2 = 8034$.

Hieraus kann man nun mit Sicherheit schliefsen, dafs der wahre Werth von a zwischen 21 und 22 Fufs fallen müsse. Demnach könnte man hier ohne merklichen Irrthum $d = 22'$ setzen.

Was die Materie betrifft, woraus die Kugelhülle des Luftballs zu verfertigen ist, so ist es natürlich der Absicht gemäfs, sie von so geringem Gewichte

Aerostat.

als möglich zu nehmen; indessen mufs sie auch die in ihr eingeschlossene verdünnte atmosphärische oder brennbare Luft nicht so leicht fahren lassen. Zu kleinen Bällen, an welche weiter keine Last angehängt werden soll, ist ohne Zweifel die sogenannte Goldschlägerhaut die bequemste Materie. Sie ist nemlich das von Fett gereinigte und von den Ochsendärmen abgezogene innere Häutchen, welches auf einen Rahm gespannt, getrocknet, mit Bimstein abgerieben, und zum besondern Gebrauche der Goldschläger noch mit einem Firnifs überzogen worden. Bei denen Luftbällen hingegen, die mit erhitzter Luft angefüllt werden sollen, und deren Durchmesser nach dem obigen auf $2\frac{1}{2}$ Mal gröfser seyn mufsten, würde dergleichen Materie nicht mehr angewandt werden können. Zu kleinen Luftbällen hat man das Papier zur Verfertigung der Hüllen am besten gefunden. Bei grofsen Luftmaschinen endlich welche beträchtliche Lasten mit in die Höhe nehmen sollen, würde das Papier allein untauglich sein. Man wählt daher besonders bei den Bällen, die mit verdünnter Luft angefüllt werden, leinenes oder baumwollenes Zeug welches die Luft nicht leicht durchläfst, und welches öfters doppelt genommen, oder auch mit Papier ausgefüttert wird. Das Gewicht eines Quadratfufses von solchem Zeuge, kann man ohngefähr zwei Unzen rechnen. Diejenigen Luftbälle, die durch brennbare Luft gefüllt werden sollen, verfertigt man gewöhnlich aus Taffet, da sie um ein beträchtliches kleiner als die mit erhitzter atmosphärischer Luft seyn können.

Man kann den Quadratfufs Taffet ohngefähr $\frac{3}{4}$ Unzen schwer annehmen. Uebrigens werden mehrentheils die leinenen oder baumwollenen Hüllen, um sie vor dem Feuer und dem Regen zu schützen von Innen etwa mit einer leicht trockenden Oelfarbe, die taffeten Hüllen hingegen, die die brennbare Luft sehr leicht durchlassen würden, von Innen und Aufsen mit Firnifs überstrichen. Folgenden Firnifs hat man am besten befunden: Man koche Vogelleim mit Leinöl ab und vermische alsdann diese Masse mit Terpentinöl.

Nimmt man nun in der für Kugelhüllen angegebenen Formel bei leinenen Zeugen $n = 2$ Unzen $= 4$ Loth, bei Taffet aber $n = \frac{3}{4}$ Unzen $= 1\frac{1}{2}$ Loth, und setzt das Gewicht eines Cubikfufses Luft $= p = 2\frac{2}{5}$ Loth, das Gewicht eines Cubikfufses erhitzter Luft $= a = \frac{2}{3}\, p = 1\frac{3}{5}$ Loth, das Gewicht eines Cubikfufses brennbarer Luft $= \frac{1}{6}\, p = \frac{2}{5}$ Loth; so wird man alle Halbmesser der Kugelhüllen für andere und andere Werthe von b finden können, wenn die Bälle schwebend erhalten werden sollen. Folgende kleine Tabelle zeigt einige Resultate an.

Aerostat.

Werthe von b in Pfund.	Werthe von d für Taffet mit brennb. Luft.	Oberfläche d. Kugel in Quadratf.	Inhalt in Cubiksch.	Werthe v. d für leinenes Zeug m. erhitzt. Luft.	Oberfl. d. Kugel in Quadratfuſs.	Inhalt in Cubikf.
1	5.5 Fuſs	95	87	30,1 Fuſs	2846	14277
50	12,8	515	1099	33,5	3525	20092
100	16,2	824	2224	35,9	4049	23890
200	19,9	1244	4115	40	5036	32906
500	26,4	2196	9662	47,2	6998	54584
1000	33	3320	18260	55,2	9572	88062

Die Kugelgestalt der aerostatischen Maschinen hat vor andern Formen deshalb einen Vorzug, weil sie unter allen bei gleichen körperlichen Inhalte die kleinste Oberfläche hat, folglich die geringste Menge von Zeug zur Verfertigung der Hülle erfordert, um eine gewisse Quantität atmosphärischer Luft aus der Stelle zu treiben. Es ist zwar nicht zu läugnen, daſs die zugespitzten Luftmaschinen alsdann die besten seyn würden, wenn man sie willkührlich nach einer jeden Gegend hinlenken könnte und wolle. Da dieses aber bis jetzt noch nicht in unserer Gewalt stehet, und deswegen dem Luftstrome eine sehr groſse Fläche ausgesetzt würde, wenn nicht mehr die Spitze, sondern die Seitenfläche gegen denselben gerichtet wäre; so bleibt die Kugelgestalt immer noch die vorzüglichste. Um nun dergleichen kugelförmige Luftmaschinen zu verfertigen, muſs man die Hülle aus verschiedenen Streifen von dem gewählten Zeuge zusammennähen, und alsdann die Näthe besonders noch mit einem Firniſs überstreichen, damit alles soviel als möglich luftdicht werde. Wie aber solche Kugelstreifen zu machen sind, läſst sich aus folgendem beurtheilen: wenn die Anzahl der Streifen woraus die Kugelhülle zusammengesetzt werden soll, nebst dem Durchmesser oder dem Halbmesser gegeben werden, so läſst sich hieraus nach geometrischen Gründen die Peripherie des gröſsten Kreises einer Kugel berechnen, und diese in eben so viele gleiche Theile theilen, als die Kugelhülle Streifen haben soll. Ueberhaupt hat man nur nöthig den Halbmesser = 1 zu setzen, indem man für jeden andern Halbmesser die gleichen Theile der Peripherie findet, wenn man die gleichen Theile der Peripherie für den Halbmesser = 1 mit dem andern Halbmesser multiplicirt. Zu dem Ende sei a c Fig. 8 Taf. XVIII = c d = 1 = dem Halbmesser einer Kugel, der Bogen d f, so wie b f ein Quadrant eines gröſsern Kreises der Kugel, und die ganze Fläche d f b der

Aerostat.

der vierte Theil der Halbkugelfläche oder der achte Theil der ganzen Kugelfläche. Gesetzt, es wäre nun der Bogen f e einer von den gleichen Theilen der Peripherie und der Bogen d e ein Quadrant, so wird der Streifen d f e ein eben so vielter Theil von dem vierten Theile der Halbkugelfläche seyn, als der Bogen f e vom Quadranten f b ist. Den Bogen f e halbire man in a, und gedenke sich den Quadranten a d, welcher auch den Streifen f c d e halbiren wird. Dieser Quadrante a d sei in gleiche Theile etwa von 10 : 10 oder 5 : 5 oder 3 zu 3 Grade und f. eingetheilt, und durch alle diese Theilungspunkte Bogen auf der Oberfläche der Kugel mit f e parallel gezogen, so gehören zu diesen Bogen die gegen den Pol d zu immer kleiner werdenden Halbmesser g α, $\varkappa$ β, o γ u. f. Nun kommt hier alles darauf an, die Bogen g i, k m, o p und f. zu finden. Nach Lehren der Trigonometrie ist klar, dafs g α = cos. g a; $\varkappa$ β = cos. k a und f. und da nun a c : g α = a f : g i oder 1 : cos. g a = a f : g i und a c = $\varkappa$ β = a f : k m oder 1 : cos. k a = a f : k m u. f. sich verhält, so hat man g i = a f $\times$ cos. g a; k m = a f $\times$ cos. k a u. f. Hieraus ist es nun leicht zu begreifen, wie auf einer Ebene ein Streifen (Fig 9) d f e verzeichnet werden könne, der dem Kugelstreifen (Fig. 8) d f e gleich ist. Man ziehe nemlich die gerade Linie f e (Fig. 9) und mache nach einem verjüngten Mafsstabe den Theil a f = a e = (Fig. 8) dem Bogen a f = a e, setze die Linie (Fig. 10) a d auf f e senkrecht auf, und nehme sie nach dem Maafsstabe dem Quadranten (Fig. 9) a d gleich. Wenn nun die gleichen Theile a p, g k, k o, o q, u. f. des Quadranten gehörig berechnet sind, so trage man diese (Fig. 9) von a nach d, ziehe durch alle Theilungspunkte g k o q u. f. Linien mit f e parallel, und mache g i, k m, o p, q s u. f. so wie auch die Theile auf der andern Seite der geraden Linie so grofs, als die Bogen (Fig. 8) g i, k m, o p u. f. gefunden sind. Durch die Punkte (Fig. 9) f, i, m, p, u. f. ziehe man aus freier Hand die krumme Linie d f und eben so die Linie d e, so wird dieser ebene Streifen f d e dem Streifen (Fig. 8) f d e auf der Kugelfläche gleich seyn. Auf die nemliche Art wird sich auch unter (Fig. 9) f e der Streifen f α e — f e d zeichnen lassen, und es wird d f α e ein ganzer Streifen auf der Oberfläche der ganzen Kugel seyn. Hat man nach dieser Vorschrift nun ein Modell verzeichnet, so kann man hienach Streifen von dem Zeuge, wovon der Ball verfertigt werden soll, abschneiden; der Naht wegen wird indessen auf beiden Seiten des Streifens etwas zugegeben. Wenn z. B. für den Halbmesser der Kugel = 1 die gleichen Bogen des Quadranten (Fig. 8) a d 10 Grade fassen, folglich der ganze Quadrant in gleiche Theile getheilt worden, so findet man den Quadranten = 2,570796 und

Aerostat.

und die gleichen Bogen a g = g k = k o und f. = 0,174533. Nimmt man nun an, daſs die Kugelhülle aus 28 Streifen, folglich der vierte Theil derselben aus 7 Theilen bestehen soll, so wird f a der 58ste Theil der Peripherie sein, und 6° 25′ 42″ 51‴ fassen. In Theilen des Halbmessers findet man:

$$\begin{aligned} 6^\circ &= 0{,}104719 \\ 25' &= 0{,}007272 \\ 42'' &= 0{,}000203 \\ 51''' &= 0{,}000003 \\ \hline \text{und } f\,a &= 0{,}112198. \end{aligned}$$

Ferner hat man cos. 10° = 0,984807, mithin i g = 0,984897 × 0,112198 = 0,110493; cos. 20° = 0,939692, und k m = 0,939692 × 0,112198 = 0,105431 u. f.

Für einen jeden andern Halbmesser der Kugel darf man nur die Zahl, welche die Gröſse desselben angiebt, mit einer jeden von den vorigen gefundenen Zahlen multipliciren, um die Linien (Fig. 9.) a f, g i, k m und f. zu finden.

Wenn auf diese Weise die Kugelhülle verfertigt ist, so wird, besonders bei denen Luftbällen, die mit erhitzter Luft gefüllt werden sollen, unten an den Boden eine Oeffnung im Durchmesser etwa ¼ bis ⅓ des Diametern der Kugelhülle gemacht, und an derselben ein cylindrischer Hals von etwa 6 Fuſs Länge von Leinwand daran genähet, um die Maschinen vermittelst eines unter demselben angemachten hellen Feuers mit erhitzter Luft füllen zu können.

Was das Steigen eines Luftballs betrifft, so kann dies nur bis zu dieser Höhe Statt finden, wo die specifische Schwere der Luft mit der specifischen Schwere des Luftballs einerlei ist, in diesem Zustande wird er nun von der Luft nur schwebend erhalten werden. Könnte man alsdann annehmen, daſs die spec. Elasticitäten der atmosphärischen und in der Kugelhülle eingeschlossenen Luft gleich blieben, wenn sich auch die absolute Elasticitäten änderten, so müſste doch das Gewich p — a im gleichen Verhältnisse in p abnehmen. Dieser Voraussetzung gemäſs lieſse sich das Gewicht eines Cubikfuſses der in einer bekannten Höhe von der Erdfläche befindlichen Luft, auf welche der Luftball bis zum Schweben gestiegen ist, mithin auch das Verhältniſs der Dichtigkeit der untern und der obern Luft in bestimmter Höhe finden. Wäre aber umgekehrt das Verhältniſs der Dichtigkeiten der untern und der über der Erdfläche erhabenen Luftschichten bekannt, so könnte man daraus auch finden, wie hoch der Luftball steigen müsse. Erhebt sich der Luftball ohne angehängte Last, so war $d = \frac{6\,a}{p-a}$; folglich $p - a = \frac{6\,n}{d}$ und $p = \frac{6\,n}{d} + a$ Da nun d, n und a als

Aerostat.

bekannt angenommen werden, so findet man das Gewicht p eines Cubikfufses Luft in der Höhe über der Erdoberfläche, in welcher der Luftball schwebend erhalten wird. Trägt aber der Luftball noch die Last b, so hatte man

$$\frac{1}{6} \pi d^3 p = \frac{1}{6} \pi d^3 a + \pi d^2 n + b$$

und hieraus erhält man

$$p = a + \frac{6n}{d} + \frac{6b}{d^3 \pi}$$

woraus sich wiederum p als das Gewicht eines Cubikfufses Luft in der bestimmten Höhe über der Erdfläche finden liefse.

Schon in den ältern Zeiten ist man auf den Gedanken gekommen, sich in die Luft zu erheben; gemeiniglich geschah aber dieses mit künstlichen Flügeln, und es war gröfstentheils das Schicksal derer, welche dieses wagten, traurig, indem sie entweder ihr Leben dabei verloren, oder einen siechen Körper davon trugen. Vielleicht hat schon die Fabel vom *Daedalus* und *Icarus* auf einen Versuch zu fliegen Bezug. *Gellius* (*Noctes atticae L. X, c.* 12) erzählt, *Archytas* von Tarent habe eine fliegende Taube von Holz verfertigt, welche durch mechanische Kräfte und einen eingeschlossenen Hauch (*aura spiritus inclusa*) belebt worden sei. Man hat dieses für eingeschlossene Luft erklären, und schon die ganze Methode der Neuern darin finden wollen. Erst im siebenzehnten Jahrhundert hatte der Jesuit *Franz Lana* oder *de Lanis* (*Prodromo dell' arte maestra. Brescia* 1670 *fol.*) den Einfall, dafs vier grofse kupferne Kugeln von dünnem Kupferbleche, welche luftleer gemacht, und woran ein Schiffchen gehängt wurde, wegen der grofsen luftleeren Räume weniger wägen müfsten, als die von denselben verdrängte Luft, und es werden daher dieselben in die Luft aufsteigen. Aber so wenig er angeben konnte, wie dergleichen Kugeln luftleer zu machen seien, eben so wenig ist ein solcher Versuch zu Stande gebracht worden. Im Jahre 1755 schlug ein Dominikaner Mönch in Frankreich, Namens *Gallien* (*L'art de naviguer dans les airs; Avignon* 1755, 12) vor, einen sehr grofsen Kasten in den obern Luftregionen, wo der Schnee entsteht, zu bauen, dessen Gerippe von Holz, und das Uebrige von Leinwand mit Wachs und Theer wohl bestrichen wäre. Dieser Kasten wäre alsdann mit Luft erfüllt, die nur halb so dicht, als die untere atmosphärische Luft wäre; brächte man daher diesen Kasten herunter, so würde er endlich, wenn er nur grofs genug wäre, in eine Gegend kommen, wo er von der Luft schwebend erhalten werden müsse.

Obgleich dieser Vorschlag eben so wenig wie der erstere ausgeführt werden konnte, so beweiset er doch wie jener, dafs man schon den Gedanken hatte, verdünnte Luft könne ein Mittel sein, das damit angefüllte Gefäfs in der Luft

Aerostat.

schwebend zu erhalten. Als nun um das Jahr 1766 *Cavendish* die große Leichtigkeit des brennbaren Gas gefunden hatte, gerieth einige Zeit darauf *D. Black* in Edimburg auf den Gedanken, dass eine dünne Blase mit dieser Luft gefüllt, aufsteigen würde, ohne jedoch einen Versuch anzustellen. *Cavallo* aber (*The history and practice of aërostation by Tiber. Cavallo. Lond.* 1785 *gr.* 8. *p.* 34) machte im Jahre 1781 mit brennbarer Luft Versuche, und füllte zuerst damit Seifenblasen, welche nach Wunsche gut in die Höhe stiegen. Allein mit Papier und Blasen von Thieren gelangen ihm diese Versuche nicht. Endlich hatte er noch den Gedanken, dass die sogenannte Goldschlägerhaut wegen der geringern Schwere hiezu geschickter, als die Blasen von Thieren wären.

Die eigentlichen Erfinder der Aerostaten waren die Gebrüder *Stephan* und *Jos. Montgolfier* im J. 2782. Der ältere *Montgolfier* verfertigte ein Parallelepipedum von Taffet von 40 Cubikfuſs Inhalt, welches, nachdem es inwendig mit brennendem Papier erhitzt war, in freier Luft eine Höhe von ohngefähr 70 Fuſs erreichte. Dadurch wurden sie veranlaſst, unter andern Versuchen einen Luftball den 5. Juni 1783 zu Annonay in Vivarais in die Höhe steigen zu lassen. Dieser Ball war von Leinwand gemacht, die man an Netze von Bindfaden geheftet hatte; besonders aber mit Papier gefüttert. Der Umfang desselben betrug ohngefähr 10 Pariser Fuſs. Unten am Boden hatten sie eine Oeffnung gelassen, durch welche die zusammengefaltete Hülle vermittelst eines darunter gemachten Strohfeuers entfaltet wurde. Dadurch schwoll die Hülle auf, und stieg zu einer Höhe von ohngefähr 1000 Toisen, blieb 10 Minuten in der Luft, und fiel ganz sanft 7200 Fuſs vom Orte des Aufsteigens zusammen gefaltet, nieder. Der körperliche Inhalt der Kugel war ohngefähr 22000 Cubikfuſs. Rechnet man nun die Luft etwa 800 Mal leichter, als das Wasser, so verdrängte die Kugel 1560 Pfund atmosphärische Luft. Die innere erhitzte Luft rechneten sie halb so schwer, als die äuſsere, also 780 Pfund; folglich wog alles zusammen 1280. Weil nun der Trieb in die Höhe zu steigen 1560 Pfund betrug, so war dieser doch noch um 280 Pfund gröſser, als die Schwere der ganzen Masse; mithin muſste die Maschine mit groſser Geschwindigkeit in die Höhe gehen. Als die Pariser Gelehrten von diesen Montgolfierischen Versuchen Erfahrung eingezogen hatten, so entschlossen sie sich, denselben nachzuahmen; da sie aber nicht wuſsten, welches Mittels sich die Gebrüder *Montgolfier* zur Füllung des Luftballs bedient hatten, so wählten sie hiezu brennbare Luft, *Charles*, Professor der Physik, und die beiden Mechaniker *Robert* führten diesen Versuch am 27. Aug. 1783 aus. Der Luftball war von Taffet, und mit Firniſs von elastischem

Aerostat.

Harze überzogen. Der Durchmesser dieses Balls hatte 12 Fuſs und 2 Zoll, und der kubische Inhalt etwa 943 Fuſs. Er wog ohne Luft 25 Pfund, und stieg nach der Füllung mit brennbarer Luft auf 488 Toisen. Erst nach drei Viertelstunden fiel er 5 Stunden weit von Paris sanft nieder. Die Füllung des Ballons geschahe mittelst eines aufrecht stehenden Fasses, in dessen oberm Boden zwei Löcher befindlich waren. Durch das eine Loch wurde das mit Wasser verdünnte Vitriolöl auf die im Fasse befindliche Eisenfeile gegossen, und hierauf sorgfältig verschlossen; in das andere Loch aber gieng eine Röhre, welche im Luftball unten befestigt war, und mit einem Hahne verschlossen werden konnte; durch diese Röhre gieng der elastische Dampf in die Kugelhülle über, wurde dadurch aufgeschwellt, und alsdann der Luft überlassen. Es theilten sich demnach gleich nach der Erfindung der Aerostaten dieselben in zwei Klassen, nemlich in diejenigen, welche mit erhitzter atmosphärischer Luft, und die, welche mit brennbarer Luft gefüllt wurden.

Der jüngere *Montgolfier*, welcher nach Paris gereist war, machte im September 1782 verschiedene Versuche im Groſsen, den einen für die Akademie der Wissenschaften, den andern für den König und die königliche Familie. Der am 19. September zu Versailles für den König angestellte war besonders merkwürdig; der Luftball hatte die Gestalt eines Sphäroids, war von Leinwand verfertigt, 57 Fuſs hoch, 41 breit, und wurde mittelst der Verbrennung von 80 Pfund Stroh auf 240 Toisen hoch in die Luft geführt. Mit diesem Balle wurde in einem Kefige ein Hammel, eine Ente und ein Hahn mit in die Luft genommen. Er blieb 8 Minuten lang in der Luft, und fiel ganz sanft ohne irgend eine Beschädigung dieser Thiere 1700 Toisen weit von dem Orte des Aufsteigens nieder. Im October dieses Jahrs verfertigte abermals dieser *Montgolfier* einen Luftball 70 Fuſs hoch und 46 Fuſs breit; an diesem wurde unten am Boden eine Gallerie von leichtem Holze an Stricken hängend mit dem Luftball verbunden, in welcher man hin und hergehen konnte. Unter der am Boden des Luftballs befindlichen Oeffnung von 15 Fuſs im Durchmesser ward eine Gluthpfanne von starkem eisernen Draht angebracht, um auf derselben von der Gallerie aus das Strohfeuer beständig unterhalten zu können. Mit diesem Luftball stieg *Pilatre de Rozier* auf, der sich auf die Gallerie gestellt hatte. *Pilatre de Rozier* war demnach der erste, der die Kühnheit hatte, in der Luft zu promeniren. Der Ball selbst stieg auf 80 Fuſs in die Höhe, indem man ihn mit Stricken zurück hielt. Einige Tage nachher stieg *de Rozier* wieder auf, indem der Ball immer durch Stricke gehalten wurde, und machte von der Gallerie aus auf der Gluthpfanne bald stärkeres, bald schwächeres

Aerostat.

Feuer an, um theils höher, theils niedriger zu fahren. Nachher begleitete *Giroud de Vilette* den *de Rozier*, und beide stiegen 324 Fuſs. Darauf unternahm auch der *Marquis d'Arlandes* mit *Rozier* eine Luftreise aus dem Schlosse la Muette, wobei das Luftschiff nicht mehr mit dem Seile zurück gehalten wurde. Sie wurden von dem Winde über einen Theil der Stadt und über die Seine geführt, und kamen nach 25 Minuten auf 5000 Toisen weit von dem Schlosse la Muette unbeschädigt auf die Erde zurück. Im December 1783 unternahmen die Herren *Charles* und *Robert* aus Paris eine Luftreise. Ihr Ballon hatte 26 Fuſs im Durchmesser. Statt der Gallerie hatten sie unter dem Luftballe ein Schiffchen angehängt, und den Luftball besonders mit einem Ventil versehen, um nöthigen Falls brennbare Luft heraus zu lassen, wenn sie sich niederlassen wollten. Sie durchflogen eine Strecke von 8 Lieues, ohne nieder zu steigen. Bald darauf stieg *Charles* allein in dem Nachen auf, und erhob sich in einem Augenblicke zu einer Höhe von fast 700 Toisen. Den gröſsten Versuch dieser Art machte der ältere *Montgolfier* im Januar 1784. Er und *Pilatre de Rozier*, nebst noch andern 5 Personen bestiegen die Gallerie eines Balles, welcher 126 Fuſs hoch, 104 Fuſs breit, und mit verdünnter Luft gefüllt war. Diese Reise dauerte aber nur 12 Minuten, weil der Ball einen Riſs bekommen hatte, und deshalb schnell auf die Erde herab gesunken war. Nach dieser Zeit sind wegen Feuersgefahr die meisten Luftbälle nicht mit erhitzter, sondern mehr nach *Charles* Methode mit brennbarer Luft gefüllt worden.

Jetzt bekam *Pilatre de Rozier* den Einfall, eine Luftreise über die Meerenge zu machen, welche Frankreich von England trennt; aber *Blanchard* kam ihm in der Ausführung desselben zuvor, und endigte seine Reise glücklich. *Pilatre de Rozier* wollte ihn indessen gleichfalls realisiren, und stieg mit seinem Freunde *Romain* mit einem doppelten Luftball, von denen der untere nach *Montgolfier*, und der obere nach *Charles* Art gefüllt war, in die Luft. Unglücklicher Weise gerieth die ganze Maschine in Brand, und beide stürzten todt von einer ansehnlichen Höhe herab. Dieser unglükliche Fall schreckte indessen andere von ähnlichen Versuchen nicht ab. *Blanchard* gieng vielmehr nach England, und wagte es, nach verschiedenen vorhergegangenen Versuchen, mit dem *D. Jefferies* aus Amerika, eine Luftreise über den Canal zu machen, welches auch am siebenten Januar 1785 binnen 2 Stunden 32 Minuten glücklich ausgeführt wurde. Nachher begab sich *Blanchard* nach Teutschland, und stellte an verschiedenen Orten dergleichen Luftreisen an. Er erfand den sogenannten Fallschirm, der fast wie ein Regen- oder

Aerostat.

Sonnenschirm gebildet ist. Er dienet im Nothfalle dazu, um sich mittelst desselben ohne grofse Gefahr auf die Erde von einer Höhe herab zu lassen.

Die Gebrüder *Robert* stiegen noch zwei Mal am 15. Jul. 1784 mit dem *Duc de Chartres*, und am 19. Sept. mit einem ihrer Verwandten auf, die letzte Reise dauerte unter allen bis dahin angestellten am längsten. Sie währte 6 Stunden 42 Minuten, und gieng von Paris bis Bevry in der Grafschaft Artois, welches einen Weg von 50 Stunden betrug. Sie bedienten sich dazu eines cylindrisch gestalteten Aerostaten mit brennbarer Luft, und behaupten durch Hülfe ihrer Ruder 22° Abweichung vom Winde erhalten zu haben. In England blieb man eine Zeitlang gleichgültig gegen diese aus Frankreich gekommene Erfindung. Obgleich schon im Nov. 1783 der Graf *Zambeccari*, ein Italiäner, eine Kugel von geölter Seide von 10 Fufs Durchmesser in London hatte steigen lassen, so erfolgte doch daselbst die erste, gleichfalls von einem Italiäner *Lunardi* unternommene Luftreise erst am 15. September 1784. Mit desto gröfserer Theilnahme sah man nachher die Versuche, welche *Blanchard* in London, *Sadler* in Oxford, *Harper* in Birmingham und andere anstellten. In Absicht auf die willkührliche Leitung des Luftballs sind öffentlichen Nachrichten zu Folge die Herren *Vallet* und *Alban* glücklicher, als alle ihre Vorgänger gewesen. Sie haben am 25. August 1785 eine Luftreise nach vorher bestimmten Richtungen gemacht, ihr Luftschiff nach Gefallen an dem vorher bezeichneten Orte niedergelassen; und sind früh von Javelle nach St. Cloud, und Abends wieder nach Javelle zurück gegangen.

Ansichten von der Art, wie die Feuerkugeln in der Atmosphäre bewegt werden mögten, leiteten Hrn. Hofrath *Voigt* auf einen Vorschlag zu Versuchen über die horizontale Direction der Aerostaten, der in Folgendem besteht: 1) Man suche die Stelle des Schwerpunkts des Aerostaten, der sich so ziemlich innerhalb des Randes der Gondel befinden wird. 2) Man umgebe die Gondel in der durch diesen Schwerpunkt gehenden horizontalen Ebene mit einem steifen, aber sehr leichten Streife. 3) In der Verlängerung der Halbmesser dieses Reifs bringe man Hülsen von Pergament an, in welche sich nach Belieben Patronen mit Schwärmer- und Raketenmasse so stecken lassen, dafs die Axen derselben genau durch den Schwerpunkt des Aerostaten gehen. Will man nun den Aerostaten genau ostwärts steuern, so zünde man die Patronen an, welche nach den Westpunkt des Horizonts mit ihrer Oeffnung gerichtet ist; die Explosion wird eine Rückwirkung (gerade wie bei der Rakete, dem Feuerrade, den zurücklaufenden Kanonen u. s. w.) hervorbringen. Da nun in einem so schwach widerstehenden Mittel, wie die Luft, besonders in den hö-

Aerostat.

kern Regionen ist, schon durch eine mäſsige Kraft ein Aerostat, der hier beinahe als eine blos träge Masse anzusehen ist, muſs in Bewegung gesetzt werden können, so wird durch dieses Mittel schon so viel erreicht werden, daſs man sich im Nothfalle von einer Seeküste, der man etwa zu nahe gekommen wäre, oder von einem feindlichen Lager u. s. w. bis auf eine gewisse Strecke zurück zu ziehen. Bedenklich könnten vielleicht die sprühenden Funken für das entzündbare Gas im Ballon sein, dessen Hülle gewissermaſsen feuerfest sein müſste; indessen meint der Herr Hofrath, daſs auch wohl eine Aeolipile, die man so legte, daſs die Axe ihres Schnabels durch den Schwerpunkt des Aerostaten gienge, statt jener Feuerhülsen gebraucht werden könnte, wo sich das zu ihrer Erhitzung nöthige Feuer besser bewahren liesse; vielleicht gar eine Art von groſsem Blasbalg, der durch Stahlfedern gepreſst, und wieder ausgedehnt würde, und wo der Schnabel die nemliche Lage hätte. Doch bemerkt er selbst, daſs hiedurch die Aerostaten nicht gegen den Wind gesteurt werden können, glaubt aber, daſs man in ruhiger und ziemlich verdünnter Luft mit einer solchen Kraft wohl ausreichen könnte. (Voigt's Magaz. f. d. neuesten Zust. d. Naturk. B. IX, St. 3, p. 287 u. f.) Eben derselbe erzählt uns (a. a. O. B. IX, St. 6, p. 473 ff.) die auf einer Luftreise, welche die Herren *Robertson* und *Sacharoff* gemeinschaftlich auf Kosten der Petersburger Akademie am 30. Jun. 1804 unternahmen, gemachten Bemerkungen. Ihr Aerostat war eine vollkommene Kugel von 30 Fuſs im Durchmesser. Die Näthe, durch die die Segmente zusammengehalten wurden, waren so eingerichtet, daſs sie sich desto mehr vereinigten, je mehr der Taft durch die Expansivkraft des anzuwendenden Wasserstoffgas ausgedehnt ward, und sich durch ihre Ineinanderfaltung der Entweichung desselben entgegensetzen. Am 30. hatte *Robertson* ohngefähr 9000 Cubikfuſs brennbarer Luft beisammen, die ihm eine Gewalt von ohngefähr 630 Pfund gaben. Das Gewicht, welches dieses Gas in dem bepackten Aerostat zu heben hatte, betrug in Allem 622 Pfund. Um 7 Uhr des gedachten Tages wurden zwei kleine Vorläufer-Ballons ausgeschickt, um die wahre Richtung des Windes kennen zu lernen. Sie wurden hier anfangs nach dem Lande zu nordöstlich getrieben; als sie aber in eine gröſsere Höhe gelangten, nahmen sie einen andern Lauf, und ein östlicher Wind führte sie nach der offenbaren See zu. In der Meinung, daſs der gröſsere Aerostat denselben Weg einschlagen werde, giengen die Reisenden ab. Um 7 Uhr 15 Minuten, bei einem Barometerstande von 30 Zoll und einem Thermometerstande von 19°, erhob sich der Ballon majestätisch, da er nur eine Aufsteigungskraft von einem halben Pfunde hatte, welches durch eine Schnellwage angezeigt wurde. Als er 105 Toisen

Aerostat.

über die Newa gekommen war, schien er etwas zu sinken, welche Wirkung ohne Zweifel vermittelst Verdichtung des Gas durch die kalten von der Newa aufsteigenden Dünste hervorgebracht wurde. Als die Reisenden aber etwas Ballast auswarfen, erlangten sie sehr bald ihren anfänglichen Lauf wieder, und versäumten nicht, ihre Erhebung nach dem allmäligen Sinken des Quecksilbers im Barometer zu schätzen. Während sich der Aerostat still erhob, drehete er sich mehrmals langsam um sich herum, und bewirkte dadurch, dafs die Reisenden ihren Platz veränderten. Man weifs, dafs, wenn sich der Luftschiffer in einer sehr grofsen Höhe befindet, es ihm unmöglich ist, den Punkt zu erkennen, gegen den er getrieben worden ist. Sein Luftball und alles unter seinen Füfsen scheint ihm in der vollkommensten Ruhe, denn er hat durchaus keinen Vergleichungsgegenstand. Sein Compafs zeigt ihm wohl den Nordpol an, aber wer zeigt ihm genau und mit Zuverläfsigkeit die Richtung, welche der Aerostat nimmt. Unsere Reisenden gebrauchten hiezu einen Apparat, der die gröfste Aufmerksamkeit verdient, indem sie dadurch die geringste Bewegung ihres Fahrzeugs genau bestimmen konnten. Sie vereinigten in Form eines Kreuzes zwei Blätter von dünnem und geschwärzten Papier, die durch kleine hölzerne Leistchen zusammengehalten wurden. Dieser sehr leichte Körper war an dem äufsern Ende der Gondel durch einen Faden von 25 Arschinen (ohngefähr 10 Klaftern) Länge befestigt. Da dieser fliegend schwimmende Körper leichter war, und weniger Oberfläche darbot, als der Aerostat, so folgte er auch dem Luftstrom weniger, als das Luftschiff, und folgte mithin blos dem Ballon; verglich man nun seine Stellung mit der Richtung des Compasses, so zeigte sie den Punkt an, gegen welchen hin der Aerostat den Weg nahm. Ein zweiter Vortheil, den dieser Schwimmer gewährt, ist der, dafs er das Aufsteigen des Aerostaten oder sein Sinken anzeigt, selbst ehé noch das Barometer die mindeste Bewegung gemacht hat; wenn der Nachen steigt, so sinkt der Schwimmer, und er steigt in die Höhe, wenn jener nieder zu sinken beginnt. Hat man den Weg entdeckt, welchen der Ballon nimmt, so bleibt nun noch übrig, die wahre Lage der unter dem Aerostat befindlichen Gegenstände zu finden, man weifs, dafs, wenn sich der Luftschiffer auf einer sehr grofsen Höhe befindet, er von seiner geographischen Lage nicht urtheilen kann, da er keinen Gegenstand zur Vergleichung hat; er glaubt in der vollkommensten Ruhe zu sein, und die Gegenstände, welche oft mehr als eine Meile von ihm entfernt sind, zeigen ihm nur einen Punkt, so, dafs er das Zenith aller Gegenstände zu sein glaubt, die er unter seinen Füfsen hat. Unsere Reisende wandten folgendes Verfahren an, welches sie vollkommen über die Lage der Dinge belehrte. Ein starkes achromatisches

Aerostat.

matisches Fernglas gieng durch den Boden des Schiffchens; es war durch eine Bleiwage senkrecht auf den Horizont befestigt. Es zeigte genau die Gegenstände, über denen sich der Aerostat befand. Durch dieses Mittel erkannten diese Physiker den Augenblick ihres Eintritts über die Mündung des Newa.

Um 7 Uhr 50 Minuten, während das Barometer auf 27 Zoll und das Thermometer auf 15° stand, bemerkten die Schiffer mittelst des Schwimmers, daſs sie gerade auf die Ostsee losgetrieben wurden, sie öffneten daher die Klappe, um herunter zu sinken, bis sie den Luftstrom wieder gefunden hatten, welcher sie im Anfange nach Gatschina hingeführt hatte; der Fall war gleichförmig, und wurde durch den Schwimmer und das Barometer, das wieder auf 29 hinauf stieg, zu gleicher Zeit angezeigt. Kurz vor diesem Sinken fühlten die Reisenden eine eigene Empfindung in den Ohren. Das unangenehme Gesumse, das in diesem Organ merklich wird, hört nicht eher auf, als bis man in die untern Gegenden der Atmosphäre kömmt, und wenn die im Ohre enthaltene Luft mit der äuſsern wieder ins Gleichgewicht gekommen ist. Als die vom Meere zu befürchtende Gefahr vorüber war, warfen die Reisenden Ballast aus, und allmählig fiel das Barometer auf 25 Zoll herunter, und das Thermometer gieng auf 13°. Hier wurden sie durch ihren Schwimmer oder durch ihre Art von Senkblei belehrt, daſs sie eine neue Richtung genommen hatten, und daſs der Wind, den sie suchten, sie in das Land hinein getragen hatten, in dem er gegen Süden trieb. Sie waren selbst im Stande mit der gröſsten Genauigkeit durch ihr senkrechtes Suchglas die Zeit ihres Austritts aus dem Meerbusen zu wissen, welche zu ihrer Zufriedenheit auf 8 Uhr 45 Minuten fiel. Sie verfolgten diese Richtung einige Zeit, und da es schien, als wenn sie vom Meere weiter nichts zu befürchten hätten, warfen sie in der Zwischenzeit ohngefähr 30 Pfund Ballast aus, um sich zu erheben, so, daſs um 9 Uhr 9 Min. das Quecksilber des Barometers auf 24 Zoll sank. In dieser Höhe schloſs *Sacharoff* atmosphärische Luft in eine 6te Flasche ein, so wie er es bei jedem Zolle, den der Fall des Barometers anzeigte, gethan hatte. Die Vorrichtung, deren man sich hiezu bediente, war eine Büchse, die 12 durch eiserne sehr gut schlieſsende Hähne verschlossene Flaschen enthielt. Der leere Raum ist in derselben mittelst ausgekochten Quecksilbers hervor gebracht. Jede Flasche hat eine Nummer, um in das Reisejournal eingetragen, und mit den Barometerbeobachtungen verglichen werden zu können. In dieser Höhe gab man einem kleinen Vogel, der von der dünnen Luft zu leiden schien, die Freiheit; er wollte das Schiffchen nicht verlassen. Man nöthigte ihn endlich, und sah ihn alsdann wie einen Stein auf einer nicht sehr schiefen Ebene fallen; er schien

Aerostat.

wie an einer Schnur hinabzugleiten, ohne fast die Flügel in Bewegung zu setzen. Man machte denselben Versuch mit einer Taube; aber kaum war diese aus der Gondel herausgekommen, als sie zurück kam, und sich auf den Strängen des Ballons festsetzte, auf welche Weise sie lange mit ihm fuhr. Sie ahndete ihr Gefahr so sehr, dafs sie sich von Hrn. *Sacharoff* ergreifen liefs, der sie hierauf unter die Gondel warf, und man sah, wie sie jetzt im beständigen Drehen herab fiel, und sich vergebens anstrengte, das Luftschiff wieder zu erreichen. Zu dieser Zeit stieg der Ballon schnell, die Kälte nahm zu, das Thermometer war auf 6 Grad herab gesunken, und das Barometer stand auf 23 Zoll. Die Sonne, welche für die Erdenbewohner schon seit einer halben Stunde untergegangen war, zeigte sich den beiden Reisenden noch sichtbar; nur ihre Lebhaftigkeit wurde durch ihre graulichen Dämpfe gemildert, die einen weiten Kranz um den Horizont herum bildeten. Das Luftschiff fuhr fort, sich bis um 10 Uhr zu erheben; das Quecksilber sank auf 22 Zoll herab, und das Thermometer auf fünftehalb Grad. In dieser Höhe beobachtete Herr *Sacharoff* mit der gröfsten Sorgfalt eine Erscheinung, welche schon von *Robertson* bei seiner ersten Luftfahrt in Hamburg, aber bei einer weit gröfsern Höhe bemerkt worden war. Da sich *Sacharoff* der Inclinationsnadel, weil sie in Unordnung gerathen war, nicht bedienen konnte, so benutzte er die Declination; er bemerkte, dafs sie nicht mehr horizontal war. Der Nordpol war um beinahe 10° mehr erhoben, und der Südpol neigte sich gegen die Erde. *Robertson* wiederholte die Beobachtung ebenfalls, und fand sie bestätigt. *Sacharoff* untersuchte auch in dieser Höhe seine physiologischen Funktionen; im Pulsschlage und der Respiration fand er wenig Abweichung. Er gab jetzt einer dritten Taube die Freiheit, welche vergebens mit den Flügeln schlug, und sich am Kahne festhalten wollte, um ihn nicht zu verlassen. Man mufste sie herab werfen, und der wahrhafte Sturz läfst zweifeln, dafs sie lebendig zur Erde gekommen sei. In dieser Höhe entweicht das im Weine enthaltene kohlensaure Gas mit grofser Schnelligkeit, und bringt eine Art von Aufbrausen in demselben hervor. Die in einer Flasche enthaltene Luft (von der Erdebene wahrscheinlich. — R.) zeigte, wenig abgerechnet, fast eine ähnliche Erscheinung. Den wenigen Ballast, den die vorhergehenden Versuche noch übrig gelassen hatten, um dem Luftstrome, der nach dem Meere hinführte, auszuweichen, mufste man jetzt hiezu verwenden. Indessen nahm die Ausdehnung des Wasserstoffgas mit der Erhebung des Ballons beständig zu. Sie war so stark, dafs die Hülle an allen Punkten gespannt wurde, und das Gas gewaltsam aus zwei Oeffnungen zugleich ausströmte, nemlich aus der Klappe und aus dem An-

Aerostat.

hange; dieser Verlust war fürchterlich und weit stärker, als er in dieser Höhe hätte sein sollen, da das Barometer nur um 8 Zoll gesunken war. Die Reisenden schrieben diese Verdünnung der Qualität des Wasserstoffgas zu, welches ohne Zweifel mit einer grofsen Menge von kohlensaurem Gas bei seiner Entbindung vermischt sein mufste. Diese Quantität mufste ansehnlich sein, weil *Robertson* bei seinen vorigen Aufsteigungen noch nie eine so starke Ausdehnung bemerkt hatte. Die Reisenden öffneten nun allmählig die Klappe, und berechneten, das Auge auf das Barometer geheftet, die Schnelligkeit ihres Herabsteigens, so, dafs sie selbige schneller und langsamer machen konnten, je nachdem es ihnen der Gang des Quecksilbers anzeigte. Als sie in die untern Gegenden herabstiegen, wiederholten sie die Beobachtung eines Phänomens, welches bei einem künftigen Aufsteigen von dem gröfsten Nutzen sein kann. Spricht man nemlich in ein ganz senkrecht nach der Erde hin gerichtetes Sprachrohr, so wird die Stimme mit einer ausserordentlichen Reinheit reflectirt. Sie scheint nichts von ihrer Stärke verloren zu haben. Jedes Mal konnte man die Erschütterung, die der Schall der Luft bewirkte, durch eine leichte wellenförmige Bewegung des Schiffchens bemerken. Bei einem dieser Versuche wurden die Stimmen erst nach 10 Sekunden zurück geworfen. Eine grofse Menge genauer Versuche haben den Lauf des Schalls auf 1038 Pariser Fufs (Vergl. Luft und Schall) in der Sekunde bestimmt. Diesem zu Folge hätte der Schall des Aeronauten in 10 Sekunden 10380 Fufs durchlaufen; da man aber nur die Hälfte des Weges für die Rückkehr des Schalls bei dem Abprall in Rechnung bringen darf, so blieben 5190 franz. Fufs für die Entfernung des Luftschiffs von der Erde übrig. Das Barometer stand auf 27. Zoll. Es ergiebt sich hieraus, wie man Versuche über den Schall, dessen Geschwindigkeit beim Aufsteigen wohl von der beim horizontalen Fortgange abweichen mögte, durch einen Aerostat anstellen könnte. Man müfste nemlich von 30 zu 30 Sekunden eine senkrecht aufgerichtete Kanone lösen, die sich auf einem freien Orte befänden, und mittelst ein Paar Terzienuhren die Schnelligkeit des aufsteigenden Schalles bestimmen. Die Beobachter auf der Erde sowohl, als die Luftschiffer, würden den Augenblik des Versuches, das Anfangen und Aufhören des Schalles genau aufzeichnen können. Auf diese Weise liefse sich vielleicht ein sicheres und unveränderliches Gesetz aufstellen. Bei den Versuchen mit dem Sprachrohre wurde der Schall auf keine Weise zurückgeworfen, wenn man in einer der Erde entgegengesetzten Richtung sprach. Nachdem die Reisenden mehrere Dunstlagen, die sämmtlich in der Temperatur verschieden waren, durchschnitten hatten, sahen sie das Thermometer ziemlich ungestüm um mehrere Grade steigen,

Aerostat.

und dies war der Augenblik, in dem sie die Erde, aber sehr undeutlich, erblickten. Sie sprachen oft mit dem Sprachrohre, ihre Entfernung hinderte aber, daſs sie gehört wurden; blos das Echo antwortete ihnen. Um 10 Uhr 45 Min. landeten sie auf einem schönen Grasplatze zu Siworitz, 60 Werste (etwa 6 teutsche Meilen) von Petersburg. Man sieht, daſs, da man nicht über die Zeit, welche durch die beiden Manöuvres, um dem obern Luftstrome zu entweichen, zugebracht ward, urtheilen kann, das Luftschiff in einer Sekunde 17 Fuſs 4 Zoll 6¼ Linien mittelst des schwächsten auf der Erde kaum bemerkbaren Windes durchlief. Um die physikalischen Instrumente zu schonen, und den beschleunigten Lauf des Luftschiffes zu mäſsigen, lieſs Herr *Robertson* vermittelst eines sehr langen Stiels, dessen anderes Ende er in der Hand hielt, alle Instrumente, welche er in seinen Pelz gethan hatte, herab. Kaum war der Aerostat von dieser Luft befreiet, als er einige Augenblicke fast unbeweglich stehen blieb, worauf er von den Bauern, die den Strick jetzt ergreifen konnten, auf den Rasen herab gezogen wurde.

Später wurden die Luftfahrten so häufig blos aus gewinnsüchtigen Absichten angestellt, daſs sie zuletzt in gleichen Rang mit Gaukelspielen gesetzt wurden. Der Name Aerostat wurde diesen Maschinen zum ersten Male von *le Roy* beigelegt. (*Histoire de l'Académie à Paris*, *an.* 1783, *p.* 9 *ff.*; Geschichte der Aerostatik, historisch, physisch und mathematisch ausgeführt von D. Kramp, Strasburg 1784, 8. Th. I, 1785, 8. Th. II; Anhang zur Geschichte der Aerostatik, von D. Kramp, Strasburg 1786, 8.; Beschreibung der Versuche mit den aerostatischen Maschinen, von Faujas de St. Fond a. d. Französischen, Leipzig 1784, 8.; Fortgesetzte Beschreibung der Versuche mit den aerostatischen Maschinen, a. d. Französ. mit Zusätzen des Uebersetzers, Leipz. 1785, 8.; von Murr Auszug aus Faujas de St. Fond Beschreibung der aerostatischen Versuche, Nürnberg 1784, 8.; Montgolfier'sche Luftkörper oder aerostatische Maschinen, eine Abhandlung von F. L. Ehrmann, Strasburg 1784, 8; Versuch über die neu erfundene Luftmaschine des Herrn v. Montgolfier, v. J. C. G. Hayne, Berlin und Stettin 1784, 8.; Kurze Nachricht von aerostatischen Maschinen, Strasburg 1784, 8.; Kurze Nachricht von ärostatischen Maschinen und ihrem Bau, Strasburg 1784, 8.; *Decouverte d'un point d'appui dans l'air à l'usage des machines aërostat.*, *pour naviger contre le vent*, *adressé p. M. D. à M. Montgolfier*, *en France* 1784, 8.; Gehlers phys. Wörterb. B. I, p. 56 f.; Fischer's Wörterb. B. I, p. 62 ff.)

Auf die Kenntnisse der Gröſse der Ausdehnung der Luft durch eine bestimmte Wärme gründet sich auch die zweckmäſsige Einrichtung der Kamine und Ofenzüge.

8. Leitung der Wärme durch die Luft.

Aus einer grofsen Anzahl von Versuchen, die *Richmann* über die Ableitung der Wärme durch die Luft anstellte, ergaben sich nach ihm folgende Gesetze (*Nov. Comment Acad. Petrop. ad. An.* 1747, 1748, p. 174; Crell's neues chem. Archiv, B. VII, p. 165 f.): 1) Die Abnahme der Wärme in gewissen kleinen Zeiträumen verhält sich (wenn die Masse der Kälte ausgesetzt ist, und die Oberfläche derselben und die Temperatur der Luft dieselben bleiben) wie die Unterschiede zwischen der abzukühlenden Masse und der abkühlenden Luft.

2) Wenn die abzukühlende Masse und ihre Oberfläche unverändert bleibt, die Wärme der Luft, worin der Versuch angestellt wird, aber verschieden ist, so verhalten sich die Abnahmen der Wärme in gleichen Zeiten wiederum wie die Unterschiede zwischen der Temperatur der Luft und der abzukühlenden Masse.

3) Wenn Massen und ihre Oberflächen zugleich verschieden sind, die Unterschiede zwischen der Temperatur der Luft und der Massen aber gleich sind, so verhalten sich die Abnahmen in gleichen Zeiten, wie ihre Oberflächen, und umgekehrt wie ihre Massen.

4) Wenn die abzukühlenden Massen und die Oberflächen derselben, und die Unterschiede zwischen der Temperatur der abzukühlenden Massen und der abkühlenden Luft verschieden sind; so findet man die Abnahme in gleichen Zeiten in dem zusammengesetzten Verhältnisse, aus dem direkten Verhältnisse der Oberflächen und dem Unterschiede zwischen der Temperatur der abzukühlenden oder zu erwärmenden Massen aus dem directen Verhältnisse der Wärme der Luft, und zugleich aus dem umgekehrten Verhältnisse der Massen der zu erkältenden oder erwärmenden Körper, wenn nemlich die Zeiten gleich und klein sind.

Aus diesen Sätzen bestimmt er nun die Ab- oder Zunahme der Wärme in jeder Zeit bei einer gegebenen beständigen Temperatur der Luft auf folgende Weise.

Es sei der Unterschied zwischen der Temperatur der abkühlenden Luft und der abzukühlenden Masse = a; die Abnahme in der Zeit t = a — b; und da die Abnahmen in gleichen Zeittheilchen sich verhalten wie die Unterschiede zwischen der abzukühlenden Masse und der abkühlenden Luft: so ist a : a — b = b : b $\frac{a-b}{a}$ oder die Abnahme in der Zeit 2 t. Der Unterschied also zwischen der abzukühlenden Masse und der Luft nach Verlauf von 2 t = a — b ($\frac{a-b}{a} = \frac{a^2-ab-ab+bb}{a} = \frac{a^2-ab+bb}{a} = \frac{a-b^2}{a}$.) In eben diesem Verhältnisse

wird auch sein $a : \frac{(a-b)^2}{a} = b : b\,\frac{(a-b)^2}{a^2}$ oder die Abnahme in der Zeit 3 t; der Unterschied also zwischen der Temperatur der abzukühlenden Masse und der Luft wird nach 3 t gleich $\frac{a-b^2}{a}\,b\,\frac{a-b^2}{a^2} = \frac{a^2-2ab+b^2}{a}\,\frac{ba^2+2ab^2-b^3}{a^2} = \frac{a^3+3a^2b+3ab^2-b^3}{a^2} = \frac{(a-b)^3}{a^2}$ u. s. f.

Hieraus ergiebt sich, dafs die Unterschiede zwischen der Temperatur der Luft und der abzukühlenden Masse in gleichen auf einander folgenden Zeiten sein werden, wie folgende Tafel zeigt[1], worin die erste Columne die Zahl der gleichen Zeiten; die zweite den Unterschied zwischen der Temperatur der abzukühlenden Masse und der Luft, der nach einer bestimmten Zeit überbleibt, und die dritte die Abnahme in gleichen Zeiten vorstellt.

I	II	III
o	a	o
1t.	$a - b$	b
2t.	$\frac{(a-b)^2}{a}$	$b\,\frac{(a-b)}{a}$
3t.	$\frac{(a-b)^3}{a^2}$	$b\,\frac{(a-b)^2}{a^2}$
4t.	$\frac{(a-b)^4}{a^3}$	$b\,\frac{(a-b)^3}{a^3}$ und
nt.	$\frac{(a-b)^n}{n-1}$	$b\,\frac{(a-b)^{n-1}}{n-1}$ 1)

Einige seiner Versuche (die hierher gehörenden) sind folgende

1) Er setzte sein mit Quecksilber gefülltes Thermometer, dessen kugelförmiger Theil ohngefähr $\frac{1}{4}$ Cubikzoll ausmachte, als es eine Temperatur von 64 Graden hatte, der atmosphärischen Luft deren Temperatur 40° war, aus. Nach 30 Minuten zeigte es 42°, nach 60 Minuten 40°; während die angeführte Rechnung $41\frac{1}{6}$° gab.

2) Dasselbe Thermometer, dessen Temperatur 40° war, zeigte, als es einer auf 64° erhitzten Luft ausgesetzt wurde, nach

10 M.	50°		
20 —	55	Die Rechnung gab	$55\frac{1}{6}$
30 —	58	— — —	$59\frac{1}{4}$
40 —	90	— — —	$61\frac{5}{8}$
60 —	64	— — —	$63\frac{17}{311}$

1) Auf das hier Gesagte gründete er seine Vorschrift, dafs die Oberflächen der Kugeln von den Thermometern eben das Verhältnifs haben müssen, als die Volumen derselben haben, wenn sie harmonirend seyn sollen.

Lambert sagt, (Pyrometrie S. 196 ff.) Die Luft gestatte der Wärme keinen dauernden Auffenthalt, als in so fern sie von dichtern Körpern umschlossen werde, welche die Wärme langsamer annehmen; in andern Fällen müsse die sogleich wieder weggehende Wärme immer von Neuem ersetzt werden. Die von einem Feuer oder warmen Körper ausfahrende Wärme breite sich nach allen Gegenden aus, und dieses mache, dafs die Dichtigkeit derselben im geraden 1) Verhältnisse des Quadrats der Distanz geringer werde. Aus einer Wärmequelle fahre die Luft nur insofern aus, als die Luft weniger warm sei; die Wärme der Luft halte allemal einem gleich grofsen Grade von Wärme in andern Körpern das Gleichgewicht; man könne daher auch hier nur den Ueberschufs der Wärme in die Rechnung bringen, und so könne auch nur von diesem das angeführte Gesetz verstanden werden. Als Beispiel führt er eine durchaus gleich glühende Kugel an. Von dieser strömt die Wärme aus allen Punkten der Oberfläche nach allen Gegenden gleich aus, und hierin ist sie einer rund herum gleich leuchtenden Kugel vollkommen ähnlich. Es folgt demnach, dafs die Distanzen vom Mittelpunkt der Kugel müssen gerechnet werden, und dafs die Dichtigkeit der Wärme wie das Quadrat der Sinus des scheinbaren Halbmessers abnehme. Ferner kömmt nach ihm der Sinus des Ausflufswinkels hier nothwendig auch in Betrachtung. Eine durchaus gleichglühende eiserne Platte breitet nach ihm gerade vor sich mehr Wärme als in schieferer Richtung. Er setzt demnach fest, dafs auch die Dichtigkeit der Feuertheilchen im Verhältnifs vom Sinus des Ausflufswinkels geringer wird.

Andern die diese seine Sätze durch die Erfahrung prüfen wollen, schlägt *Lambert* dazu als den sichersten Apparat eine Kugel von Kupferblech vor, welche oben eine runde Oeffnung hat, und die man mit stark glühenden Kohlen anfüllte. Das Blech hat zur Seite einige kleine Löcher, dadurch die Luft hineinziehen und die Gluht anblasen kann. Die Kugel selbst wird auf einen dünnen Fufs von Eisen gestellt, damit sie nicht durch Berührung anderer Körper ihre Hitze zu geschwinde verliere. In beliebigen Distanzen von der Kugel werden Thermometer befestigt, die von einerlei Materie sind, und deren Kugeln wenigstens nicht gar zu verschiedene Durchmesser haben. Auch an sich müssen sie nicht grofs sein, damit sie das Maximum ihrer Wärme desto eher erhalten. Endlich mufs auch die Kugel der Thermometer gegen die kupferne Kugel gekehrt sein und nichts berühren. Der Versuch kann nach ihm an einem ganz windstillen Tage an der freien Luft vorgenommen werden. Indessen zieht er doch ein geschlossenes Zimmer vor, weil man in der freien Luft nie vor Entstehung des Windes sicher ist. Nur mufs man alsdann nach ihm gehörig berechnen, dafs die Luft im Zimmer von der Kugel einige Wärme

1) *Im Original steht im umgekehrten, welches aber ein offenbarer Druckfehler ist.*

während des Versuchs erhält. Uebrigens müssen die Thermometer bereits gestellt, auch der Ort der Kugel bestimmt sein, ehe man die Kugel hinstellt. Die Kugel mufs ausser dem Zimmer mit stark glühenden Kohlen gefüllt, und nicht eher hineingebracht werden, als nachdem sie schon ihre völlige Hitze erlangt hat. Die Thermometer erhalten dadurch das Maximum ihrer Wärme in kürzerer Zeit, und ehe die Kugel anfängt wieder all zu merklich zu erkälten. Da die Hitze der Kugel gerade und unverhindert alle Thermometer mufs treffen können, so versteht es sich, dafs die Thermometerkugeln am besten in eine gerade Linie gestellt werden, welche horizontal ist, und neben der kupfernen vorbei geht. *Lambert* selbst gebrauchte aber bei seinen Versuchen am 5ten April 1777 statt der Kugel eine gemeine Gluth- oder Kohlpfanne, das heist hier, einen Cylinder von Sturzblech 6 Zoll weit, und vom Roste angerechnet 4½ Zoll hoch, der auf drei dünnen Füfsen stand, und an den Seiten durchlöchert war. Er stellte nun 5 Thermometer so, dafs ihre Kugeln einen Rheinl. Fufs von einander entfernt standen. Der Abstand ihrer Mittelpunkte vom Mittelpunkte der Gluth', das Quadrat dieses Abstands, und das umgekehrte Verhältnifs dieser Quadrate war, wie folgt.

Distanz in Zollen	Quadrat der Distanz.	Umgekehrtes Verhältnifs.
12,62	159,3	1,0000
23,05	531,3	0,2998
34,51	1191,3	0,1337
46,25	2139,3	0,0740
58,10	3375,3	0,0472

Diese Verhältnisse sollen nun zugleich auch die vom Steigen der Thermometer sein. Die Thermometer stiegen folgendermaafsen von 11,9 Grad der Reaumürschen Skale angerechnet.

Zeit.	I. Therm.	II. Therm.	III. Therm.	IV. Therm.	V. Therm.
2′ 16″	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
17	1,1	0,7	0,2	0,1	0,1
18	2,2	1,2	0,3	0,2	0,2
19	3,2	1,6	0,4	0,3	0,3
20	4,2	2,1	0,6	0,4	0,4
22	5,8	2,7	1,0	0,5	0,6
24	8,6	3,4	1,3	0,7	0,7
26	10,9	3,9	1,6	1,0	0,8

Zeit.	I. Therm.	II. Therm.	III. Therm.	IV. Therm.	V. Therm.
2′28″	12,5	4,3	1,9	1,2	0,9
30	13,7	4,7	2,1	1,3	1,0
32	14,5	5,1	2,4	1,5	1,1
34	15,2	5,3	2,6	1,6	1,2
36	16,0	5,4	2,7	1,7	1,3
38	16,0	5,4	2,7	1,7	1,4
40	15,7	5,2	2,8	1,8	1,4
42	05,0	4.8	2,7	1,7	1,4

Den Versuch stellte er in einer von zwei Stuben an, zwischen denen die Thür offen stand. Die übrigen 4 Thüren und die 4 Fenster waren geschlossen. Beide Stuben waren 34 Fuſs lang, ihre Breite betrug 18¾ Fuſs, und die Höhe 11½ Fuſs. Es konnte demnach die Luft von der Glut nicht sehr erwärmt werden. Er hatte zwar noch andere Thermometer in der Stube, indessen waren diese so weit entfernt, daſs sie nicht richtig angeben konnten, um wie viel die die zum Versuch gebrauchten Thermometer umgebende Luft erwärmt war. Setzt man diese Erwärmung der Luft gleich x, so muſs x von dem Maximo des Steigens eines jeden Thermometers abgezogen werden, um das Maximum zu erhalten, welches der Hitze der Wärmequelle unmittelbar zuzuschreiben war. Da dieses Maximum umgekehrt wie das Quadrat der Distanz seyn sollte, so hatte *Lambert* folgende Verhältnisse:

$$(16,0 - x) : 1,0000$$
$$(5,4 - x) : 0,2998$$
$$(2,7 - x) : 0,1337$$
$$(1,8 - x) : 0,0740$$
$$(1,4 - x) : 0,0472$$

Hieraus fand er mittelst einer Zeichnung, daſs $x = 0,7$ seyn müsse. Hierdurch erhielt er die

beobachteten Grade.	berechneten Grade.
15,3	15,3
4,7	4,6
2,0	2,0
1,1	1,1
0,7	0,7

Er bemerkt dabei, daſs eine genauere Uebereinstimmung nicht zu erwarten war; daſs, da er schon früher einen Versuch mit weniger Kohlfeuer und dreien Thermometern angestellt habe, wobei er das Steigen sehr genau in umgekehrten Verhältniſs des Quadrats der Distanz befunden habe, er es für unnöthig

gehalten, zu diesem Zwecke noch eine kupferne Kugel machen zu lassen. Seine gebrauchten Thermometer waren von Weingeist, die er von der Glutflamme deshalb entfernter halten zu müssen glaubte, weil bei ihnen bei gröſserer Wärme die Ausdehnung den Graden der Wärme selbst nicht mehr proportional bleibe. Die Durchmesser der Kugeln waren von 8,3; 5,2; 9,5; 6,1; 6,8 Linien. Sie wurden nicht nach ihrer Gröſse geordnet, damit wenn ja diese Ungleichheit einen Unterschied verursachen könne, dieser Unterschied desto leichter bemerkt werden könnte.

Er zeigt nun auch, wie die Hitze in geringern Entfernungen durch Rechnung gefunden werden könne. Das Thermometer I stieg 15,3 Grade. Diese dürfen nicht von dem anfänglichen Grade der Luftwärme 11,9, sondern von dem 11,9 + 0,7 = 12,6 Grade angerechnet werden. Damit ist das Thermometer bis zum 12,6 + 15,3 = 27,9 Grad gestiegen. Nun betragen nach *Lambert* + 12,6° des Weingeistthermometers 1055 des Luftthermometers, und + 27.9 des erstern 1123 am letztern; folglich betrug die Zunahme der Wärme des Thermometers I so viel, als 68° des Luftthermometers.

Nun kann die Glutpfanne als eine Kugel angesehen werden, deren Halbmesser $= \left(\sqrt{\frac{7}{22} . 6 . \frac{9}{2}}\right) = 2,93$ Zoll beträgt. Da nun der Abstand des Thermometers I = 12,62 Zoll, so ist der Sinus des scheinbaren Halbmessers = 2,93 : 12,62 = 0,232; und dessen Quadrat = 0,0538. Hingegen ist an dem Umkreise dieser Kugel, als an der kleinsten Distanz, die hier in Betrachtung kommen kann, der scheinbare Halbmesser = 90°, das Quadrat von dessen Sinus = 1,0000, folglich haben wir 0,0538 : 1,0000 = 68 : 1265. Die Erwärmung dicht an der Kugel oder der Glutpfanne betrug demnach so viel als 1265 Grade des Luftthermometers. Werden hiezu nun die 1055 Grade der Luftwärme addirt, so ist die absolute Wärme daselbst der 2320ste Grad des Luftthermometers.

Noch erwähnt er, (a. a. O. p. 149) er habe gefunden, daſs die Erkältungssubtangente der Luft so klein sei, daſs man sie so gut als für nichts zu achten habe. Wenn er ein Luftthermometer, das nur sehr wenig Quecksilber enthält, in der Hand halte, oder in warmes Wasser setze, so bewege sich die kleine Quecksilbersäule in der Röhre augenblicklich so schnell, daſs man ohne Mühe sehe, die zur völligen Erwärmung der Luft in der Kugel erforderliche Zeit betrage blos deswegen einige Sekunden, weil das Glas der Kugel einige Zeit gebrauche, erwärmt zu werden. Die Quecksilbersäule laufe mit einer wirklich beschleunigten Bewegung von dem ersten Augenblicke an, und wenn das Wasser sehr warm sei, so fahre sie mit ziemlicher Geschwindigkeit zur Röhre hinaus, sobald die Kugel ins Wasser komme. Nehme er hingegen die Kugel eines Luftthermometers, das weit mehr Quecksilber hält, in die Hand, oder stelle sie in warm Wasser, so steige das Quecksilber in der Röhre ebenfalls in

wenigen Sekunden schnell aufwärts, hernach fahre es fort, ganz langsam zu steigen. In den ersten Sekunden erhalte nemlich die Luft in der Kugel schon alle Wärme. Da aber das unten in der Kugel liegende Quecksilber viel langsamer erwärmt werde, so benehme es auch der Luft einen Theil ihrer gleich anfangs erlangten Wärme, bis es endlich auch die Wärme des Wassers erlangt habe.

Lambert machte auch durch das Phänomen, dafs im Winter die Luft an der Decke der Stuben um einige Grad wärmer, als am Boden ist, veranlafst, Versuche über die relative Intensität der Wärme in den an Höhen verschiedenen Schichten einer erwärmten Luftsäule. (a. a. O. p. 230 f.) Am 23. Hornung 1777 Vormittags um 10 Uhr legte er ein Thermometer in einer Stube dem Ofen und dem Fenster gegenüber an den Boden, und band fünf andere an eine Latte, so, dafs, als er die Latte eben dahin stellte, die Kugeln der Thermometer 2, 4, 6, 8 10 Fufs über den Boden erhöht waren. Ein Viertel nach 12 Uhr fand er, dafs sie

in der Höhe von	0	2	4	6	8	10 Fufs
bei den Graden	11,4	12,2	14,6	15,8	15,7	16,7 —
Und um halb 3 Uhr						
bei den Graden	11,5	12,0	13,2	14,6	14,4	15,3 —

standen.

Es war den Tag über Thauwetter, so, dafs das Thermometer, vor dem Fenster nach Nordwest zu, beim Gefrierpunkt war. Er hatte diese Thermometer mehrere Tage so gelassen, und fand, dafs die in der mittlern Höhe nicht immer nach dem Mafse ihrer Höhe gröfsere Wärme anzeigten. Der Zug der Luft, die Bewegung derselben, das Zurückprellen der vom Ofen ausfahrenden Wärme findet er als hinreichende Gründe für solche Ungleichheiten. Er fand ähnliche Ungleichheiten, als er vier Thermometer in ein Glas stellte, und nur so viel Wasser hinein gofs, dafs die auf dem Boden stehende Kugeln bedeckt wurde.

Lambert bemerkt noch, dafs man bei der Beobachtung des Aufsteigens der Wärme in der Luft wohl Acht haben müsse, ob die Feuertheilchen mit andern Materien verbunden sein, wie z. B. in der Flamme, dem Rauche, den Dünsten u. s. w.

Da das Aufsteigen der Wärme in der Luft von ihrer geringern Schwere herrührt, so wird nach *Lambert* ihre Geschwindigkeit immer gröfser. Dieses macht denn ihm zu Folge, dafs die Feuertheilchen, die im Aufsteigen auf einander folgen, immer mehr von einander entfernt werden, ohngefähr eben so, wie wenn man z. B. von $\frac{1}{15}$ zu $\frac{1}{15}$ Sekunde eine Kugel fallen läfst. Ihre Entfernungen werden wie die Zahlen 1, 3, 5, 7 zunehmen. Aus diesem Grunde aber

wird die Dichtigkeit der Feuertheilchen in der obern Luft und mit derselben auch die Wärme geringer. Jn einer Abhandlung über die Dichtigkeit der Luft, die sich in den *Memoir. de l'Acad. de Berlin* 1772 befindet, fand er aus diesen und andern Betrachtungen, dafs die daher rührende Verminderung der Wärme ganz oben in der Luft $\frac{5}{17}$ Theil betragen kann, oder dafs die Wärme von unten bis ganz oben wie 17 zu 12 abnimmt, und wenn x in franz. Klaftern oder Toisen eine jede Höhe über dem Meere oder der Erdfläche, c die Wärme daselbst, und C die am Meere oder an der Erdfläche bedeutet, und d= 4200 Toisen gesetzt wird, sodann $\frac{C}{c} = \frac{17}{12} - \frac{5}{12} \cdot e^{-x:\vartheta}$ ist.

Werden C, c durch Grade des Lambert'schen Luftthermometers ausgedrückt, so giebt dies die Werthe:

x : ϑ	c : C	x Toisen
0,0	1,0000	0
0,1	0,9618	420
0,2	0,9298	1840
0,3	0,9025	1260
0,4	0,8792	1680
0,5	0,8591	2100
0,6	0,8410	2520
0.8	0,8134	3360
1,0	0.7915	4200
1,5	0,7555	6300
2,0	0,7351	8400

Ueber das Aufwärtssteigen der Wärme in der Luft hat auch *Achard* (*Mémoir. de l'Académie royale des sciences depuis l'avenement de Fred. Guillaume* II *au trone An.* 1788 *et* 1789, Berlin 1783, 4.) Versuche angestellt. Wenn er mehrere Thermometer über einander stellte, und zwischen dieselben heisse Kugeln oder verschlossene Gefäfse mit heissem Wasser brachte, so fand er immer das obere Thermometer dadurch stärker erwärmt, als das untere.

Pictet bemerkt (Versuch über das Feuer, a. d. Franz., Tübing. 1790, p. 35), man sehe wohl ein, dafs das Gesetz, dafs die respectiven Thermometerstände (d. i. die Intensität der Wärme) den Quadraten ihrer Entfernungen vom Brennpunkte (dem Wärmequell) umgekehrt proportional seien nur bei Entfernungen, die in einer horizontalen Ebene liegen, in der Luft Statt finden könne, denn diese Flüssigkeit dehne sich durch das Feuer aus, werde specifisch leichter, steige mit zunehmender Erwärmung verhältnifsmäfsig in die Höhe, und führe das Feuer, welches die Ursache ihrer Ausdehnung sei, mit sich, folglich ändere diese Wirkung, die bei einerlei horizontaler Entfernung die nemliche bleibe, in dem Resultate der nach dieser Richtung angestellten Versuche nichts.

Die Geschwindigkeit, mit der die Luft die freie Luft fortpflanzet, 1) zu untersuchen, bediente sich *Pictet* des Apparats, den *v. Saussure* in seinen Reisen durch die Alpen §. 927 beschreibt. Er stellte nemlich 2 Hohlspiegel von ungleicher Beschaffenheit in einer Entfernung von 69 Fuſs von einander. Der, in dessen Brennpunkt er den erwärmten Körper legte, war ein Hohlspiegel von Zinn, der einen Fuſs im Durchmesser hatte, dessen Krümmung ein Theil einer Kugel von 9 Zoll im Halbmesser, und dessen Politur nur mittelmäſsig war. Der andere war von vergoldetem Gips, hatte 18 Zoll im Durchmesser, und 15 Zoll Brennweite. In den Brennpunkt des letzten wurde das Luftthermometer gesetzt. Diese Einrichtung wählte er deshalb, weil in einer so groſsen Entfernung die Unvollkommenheit des ersten Brennspiegels eine Zerstreuung der zurückgeworfenen Strahlen verursacht, wodurch nothwendig eine beträchtliche Menge verloren gehen müſste, wenn man sie nicht auf einer verhältniſsmäſsig gröſsern Oberfläche auffinge.

In einer Entfernung von einigen Zollen von dem Brennpunkte des ersten Spiegels, stellte er einen sehr dichten Luftschirm. Der Beobachter steht neben dem Thermometer, und der Versuch fängt erst dann an, wann der aus dem erwärmten Körper sich ergiessende Wärmestrom seine ganze Wirkung auf das Thermometer vollendet hat, und das Instrument vollkommen still stehet. Alsdann setzt er eine eiserne Kugel von ohngefähr 2 Zoll im Durchmesser, die bis zunächst an den Grad des Rothglühens erhitzt ist, in einer Kapsel von Eisendraht in den Brennpunkt des ersten Spiegels.

Er bemerkt nun, daſs in demselben Augenblicke, in welchem der Lichtschirm entfernt wurde, das Thermometer, ohne daſs es ihm eigentlich möglich gewesen wäre einen Zeitunterschied zwischen der Ursache und der erfolgten Wirkung bei der Entfernung von ohngefähr 69 Fuſs wahrzunehmen, stieg. Er fügt hinzu, daſs, wenn er auch setzen wollte, es verflössen eine oder zwei Sekunden, und sicher ist er, daſs zwischen der Entfernung des Lichtschirms und der Wirkung des Thermometers kein gröſserer Zeitunterschied Statt findet; so würden diese Zögerung ohne Zweifel gröſstentheils der schweren Durchdringlichkeit des Thermometerglases für die Wärme zugeschrieben werden müssen, und immer würde die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Feuers durch die Luft noch so groſs sein, daſs man sie diesem Versuche nach, den er in gröſseren Entfernungen nicht anstellte, auf eine Entfernung von 69 Fuſs noch nicht bestimmen könnte.

In dem Augenblicke, in welchem er den Lichtschirm wieder an seinen Ort stellte, fiel das Thermometer, und stieg plötzlich, so wie man ihn wieder

1) *Man vergleiche was über die Geschwindigkeit der Wärme überhaupt B. I, p. 24 gesagt ist.*

entfernte. Es schien sogar, dafs das Instrument in dem letzten Falle, wo der Raum zwischen der Wärmequelle und dem Thermometer durch den schon wiederholten Versuch gewissermafsen mit dem schon erwärmenden Ausflufs angefüllt ist, noch schneller, als da der Lichtschirm zum ersten Male entfernt wurde, die Gegenwart der ausströmenden Wärme anzeige.

Er zeigt noch, wie dieser Versuch mit der bekannten Thatsache, da nemlich ein in die entfernteste Ecke eines geheizten Zimmers gestelltes Thermometer erst nach ziemlich langer Zeit die Ankunft des Wärmestroms anzuzeigen scheine, nicht streite. Denke man nemlich über den Vortheil nach, den diese Einrichtung der Spiegel gewähre, wodurch nemlich in einer gegebenen Entfernung die Wirksamkeit des Wärmestroms im Verhältnifs gegen die geringe Wirkung des in gerader Linie sich fortpflanzenden Ausflusses verstärkt werde, und betrachte man noch die ausserordentliche Empfindlichkeit seiner Thermometer 1), so werde man die von ihm beobachtete Erscheinung mit der allgemeinen Erfahrung reimen können. 2)

Nach *Marat* (physische Versuche über das Feuer, aus d. Französ. von Weigel, p. 66) und *Donndorf* (Ueber Elektricität, Magnetismus, Feuer und Aether, Quendlinburg 1783, p. 86) legt die Wärme in freier Luft binnen einer Sekunde kaum einen Weg von 15 Fufs zurück.

De la Metherie glaubt (Theorie der Erde, aus d. Franz. Th. II, Leipz. 1797, p. 131) man könne behaupten, dafs die Luft kein guter Leiter der Wärme sei, weil es einige Erfahrungen gebe, welche diese Meinung bestätigen.

Rumford stellte mehrere Versuche über die Leitung der Wärme durch die Luft an. Er hatte sich ein Thermometer verfertigt, dessen Kugel sich in einer Torricellischen Leere befand, welches im ersten Bande p. 39 beschrieben ist, und das er gebrauchte, um die Leitungsfähigkeit der Torricellischen Leere

1) *Man sehe hier das nach, was in der Folge bei der Beschreibung der Luftthermometer angeführt ist.*

2) Es scheint dem Herrn *Pictet* aus diesen und ähnlichen Erfahrungen zu erhellen, dafs sich die Wärme auf zweierlei Art zugleich fortpflanze. Er meint nemlich, es ergebe sich hieraus, dafs der Theil des Wärmestroms, der in seiner Fortpflanzung nur auf die Zwischenräume, und nicht auf die festen Theile der Körper trifft, in gerader Linie, und in jedem Falle mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit, vielleicht eben so schnell, als der Schall, oder wohl gar als das Licht fortströme; und dafs hingegen der, der den Bestandtheilen der Körper auf seinem Wege begegne, sich mit ihnen unter der Modification der specifischen Wärme vereinige, und sich nach der verschiedenen Leitungskraft verschiedener Substanzen mehr oder minder langsam fortpflanze. Den ersten Theil des Wärmestroms meint er, könne man strahlende (*rayonnante*), den zweiten fortgepflanzte (*propagée*) Wärme nennen.

für Wärme zu untersuchen. Um nun dieses Instrument zu Versuchen über die Leitung der Luft benutzen zu können, brach er, als es die Temperatur der atmosphärischen Luft, die 15° Reaum. war, hatte, etwas von der kleinen Röhre, in welche der die Torricellische Leere einschliessende Glasball auslief, da, wo sie hermetisch verschlossen worden war, ab, worauf denn die atmosphärische Luft sogleich in den Glasball hineinströmte. Hierauf verschlofs er den Glasball, der das Thermometer umgab, und jetzt mit atmosphärischer Luft gefüllt war, wieder hermetisch, wodurch denn keine Mittheilung mit der äussern Luft mehr Statt hatte. Er stellte nun das Instrument in Wasser von 18° Reaum., bis es dieselbe Temperatur hatte. Hierauf tauchte er es in kochendes Wasser, welches immer im Kochen erhalten wurde, und beobachtete die Zeiten des Steigens des Quecksilbers im Thermometer. Sie waren folgende:

Nach	0	Min.	45	Sek.	war	die	Wärme	27°	Reaum.
—	1	—	0	—	—	—	—	$34\frac{4}{10}$	—
—	2	—	10	—	—	—	—	$44\frac{9}{10}$	—
—	2	—	40	—	—	—	—	$48\frac{2}{10}$	—
—	4	—	0	—	—	—	—	$56\frac{3}{10}$	—
—	5	—	0	—	—	—	—	$60\frac{9}{10}$	—

Dieser Versuch wurde in Mannheim in den ersten Tagen des Julius 1785 in Gegenwart des Professors *Hemmer* und des Verfertigers der meteorologischen Instrumente der Bayerschen Akademie *Carl Artaria* angestellt. Letzterer half auch bei den Versuchen.

Mit einem etwas abgeänderten Instrumente, das wir ausführlich B. I, p. 40 und 41 beschrieben haben, und welches, nachdem es mit atmosphärischer Luft angefüllt war, gleichfalls hermetisch verschlossen wurde, stellte er am 11. Juli 1785 in Manheim in den Stunden von 10 bis 12 Uhr bei heiterm Wetter die folgenden Versuche an. — Das Barometer stand auf 27 Zoll 11 Linien, das Reaumürsche Thermometer auf 15 Grad, und das Federhygrometer der Manheimer Akademie auf 47°. Er stellte das Instrument in eine Mischung von gestofsenem Eise und Wasser, so lange bis das Quecksilber im eingeschlossenen Thermometer bis auf 3° herabgesunken war, oder bis es die Temperatur der kalten Mischung genau hatte. Jetzt nahm er das Instrument schnell heraus, tauchte es sogleich in ein grofses Gefäfs kochendes Wassers, und beobachtete die Zeiten, die verflossen, um das Quecksilber in dem Thermometer von 10: 10 Grad oder von 0° bis auf 80 steigen zu machen. Dabei besorgte er, dafs das Wasser während der ganzen Zeit immer kochend erhalten wurde, eben so, dafs der Punkt 0° des eingeschlossenen Thermometers gerade auf der Oberfläche des Wassers ruhete.

Die Kugel des Thermometers betrug einen halben Zoll im Durchmesser, und war in der Mitte eines hohlen Glasballs, anderthalb Zoll im Durchmesser, der mit atmosphärischer Luft gefüllt und hermetisch versiegelt war, eingeschlossen. Den Versuch wiederholte er zwei Mal mit der gröfsten Sorgfalt.

Als es aus dem gefrierenden Wasser heraus genommen und sogleich in kochendes Wasser getaucht war, beobachtete R. folgende Erwärmungszeiten:

Zeitverlauf.				erhaltene
Versuch A		Versuch B		Wärme.
Min.	Sek.	Min	Sek.	0°
0	30	0	30	10
0	35	0	37	20
0	41	0	41	30
0	49	0	53	40
1	1	0	59	50
1	24	1	20	60
2	45	2	25	70
9	10	9	38	80
16	55	17	3	= Totalzeit

der Erhitzung von 0° bis 80°

Totalzeit von 0° bis 70°

bei dem Vers. A = 7 Min. 45 Sek.

— — — B = 7 — 25

Mittel = 7 Min. 35 Sek.

Vergleicht man diese Versuche über das Leitungsvermögen der atmosphärischen Luft mit denen, die von demselben Versucher mit der Torricellischen Leere angestellt sind (S. B. I, p. 39 f.) so ergiebt sich, dafs das Leitungsvermögen der Luft sich zu dem der Torricellischen Leere unter diesen Umständen wie 7 $\frac{35}{60}$ zu 10 $\frac{43\ 1/2}{60}$ im umgekehrten Verhältnisse verhält; denn da die Quantitäten der mitgetheilten Wärme gleich sind, so verhält sich die Intensität der Mittheilung wie umgekehrte Zeiten.

Bei diesen Versuchen kam die Wärme in die Thermometerkugel aus dem umgebenden Medium, um nun den Versuch umzukehren, so dafs jetzt die Wärme vom Thermometer ausgehend durch das Medium streiche, tauchte R. das Instrument in kochendes Wasser, und liefs es so lange darin, bis es die Temperatur des Wassers angenommen hatte; d. h. bis das Quecksilber des eingeschlossenen Thermometers auf 80° stand; dann nahm er es aus dem kochenden

den Wasser hinaus, tauchte es sogleich in eine Mischung aus Wasser gestossenem Eise, bewegte das Instrument beständig in dieser Mischung herum, und beobachtete folgende Erkaltungszeiten.

Zeitverlauf.				Verlust der Wärme.
Vers. A.		Vers. B.		
M.	S.	M.	S.	80°
0	33	0	33	70
0	39	0	31	60
0	44	0	44	50
0	55	0	55	40
1	17	1	18	30
1	57	1	57	20
3	44	3	40	10
40	10	nicht bemerkt.		0

Totalzeit bei der Abkühlung von 80° bis auf 10°

	M.	S.
b. d. Vers. A =	9	49
b. d. Vers. B =	9	41
Mittel =	9	45.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich bei dem Vergleich mit den in der Torricellischen Leere (B. I. p. 43) die Wärme leitende Kraft der Luft zu der Torricellischen Leere wie 9 $\frac{45}{60}$ zu 16 $\frac{1}{8}$ im umgekehrten Verhältnifs, oder wie 1000 zu 603.

Um nun zu bestimmen, ob dasselbe Gesetz Statt finden würde, wenn man das erhitzte Thermometer, an Statt es in gefrierendes Wasser zu tauchen, in der freien Luft abkühlen liefse, so machte er folgenden Versuch. Nachdem das Thermometer abermals im kochenden Wasser erhitzt war, nahm er es aus dem Wasser heraus, hing es in die Mitte eines grofsen Zimmers, wo die Temperatur der Luft, welche vollkommen ruhig zu sein schien, (indem Fenster und Thüren alle verschlossen waren) 16° Reaum. betrug, auf, und bemerkte wie folgt die Zeiten der Abkühlung.

Zeitverlauf		Wärmeverlauf.
Minut.	Sekund.	
		80°
Nicht beob.	Nicht beob.	70
0	51	60
1	5	50
1	34	40
2	41	30
6	11	= Totalzeit

um es v. 70° bis auf 30° bzukühlen.

Hier erscheint die Verschiedenheit in der Wärme leitenden Kraft der Torricellischen Leere beinahe eben so wie in dem verhergehenden Versuche, nemlich wie $6\frac{11}{60}$ zu $10\frac{12}{60}$ in umgekehrtem Verhältn. oder wie 1000:605. Die Zeit der Abkühlung von 80 bis 70° konnte er nicht bemerken, da er zu der Zeit eben mit dem Aufhängen des Instruments beschäftigt war.

Um den Vorwurf, dafs die aus den Versuchen gezogenen Schlüsse über die relativen Leitungsvermögen der Torricellischen Leere und der atmosphärischen Luft durch einen Unterschied in der Gestalt oder Gröfse der angewandten Instrumente, modificiert seien, welcher aller Mühe ohnerachtet, die bei Verfertigung derselben angewandt war, eine merkliche Differenz in den Resultaten der Versuche bewirkt habe, zu heben, stellte er folgende Versuche an: Des Morgens gegen 11 Uhr bei vorzüglich gutem Wetter (da das Barometer auf 27 Zoll 11 Linien, Reaum. Therm. aaf 15° und das Hygrometer auf 47 stand) wiederholte er den zweiten mit der Torricellischen Leere angestellten Versuch (S. B. I. p. 42 Vers. A.) so, dafs er das Thermometer wieder im kochenden Wasser erhitzte etc. dann sogleich den Cylinder, der das Thermeter umgab, an seinem obern Ende, wo er verschlossen gewesen war öffnete. Nachdem jetzt die atmosphärische Luft hineingeströmt war, verschlofs er den Cylinder wieder hermetisch, und wiederholte nun den Versuch mit demselben Instrumente, indem das Thermometer jetzt mit atmosphärischer Luft umgeben war.

Die Resultate der Versuche in der folgenden Tabelle zeigeu deutlich, dafs der Irrthum der aus der verschiedenen Gröfse der Instrumente hätte entstehen können, wenn auch niaht ganz unbemerkbar, doch sehr unbeträchtlich war.

Versuch A.			Versuch B.		
Die Kugel des Thermometers hatte 1/2 Zoll im Durchmesser, war in die Mitte eines Glasballs 1 1/2 Zoll im Durchmesser eingeschlossen, der luftleer und hermetisch versiegelt war. Aus gefrierendem Wasser genommen und dann in kochendes getaucht.			Dasselbe Thermometer. Der Glasball, der diese Kugel des Thermometers umschloſs war jetzt mit atmosphärischer Luft angefüllt und hermetisch versiegelt. Aus gefrierendem Wasser genommen, und dann in kochendes getaucht.		
Zeitverlauf		Angenommene Wärme	Zeitverlauf		Angenommene Wärme
Min.	Sek.		Min.	Sek.	
		0			0°
0	55	10	0	32	10
0	55	20	0	32	20
1	7	30	0	43	30
1	15	40	0	50	40
1	29	50	1	1	50
2	2	60	1	24	60
3	21	70	2	38	70
13	44	80	10	25	80
24	48	= Totalzeit der Erhitzung von 0 bis 80°; Totalz. v. 0 bis 70 = 11′ 4″.	18	5	= Totalzeit der Erhitzung von 0 bis 80°; Totalz. v. 0 bis 70° = 7′ 40″.

Nach diesen Versuchen verhält sich die wärmeleitende Kraft der gemeinen atmosphärischen Luft zu der der Torricellischen Leere wie 7 $\frac{40}{60}$ zu 11 $\frac{4}{60}$ in umgek. Verhältn. oder wie 1000 zu 602; dieses weicht nur sehr wenig von den Resultaten der vorhergehenden Versuche ab.

Wie wohl es nun nach den Resultaten der letzten Versuche schien, daſs gesetzt es hätte sich auch eine Differenz in den Formen oder den Maaſsen der Instrumente die zu den Versuchen mit der Torricellischen Leere und denen mit der atmosphärischen Luft dienten, gefunden, sie doch kaum einen beträchtlichen Fehler in den Resultaten der eben erwähnten Versuche könnten bewirkt haben; so wollte *Rumford* dennoch versuchen in wiefern beträchtliche Verschiedenheiten in der Gröſse der Instrumente die Versuche verändern könnten. Zu dem Ende versah er sich mit noch einem andern Instrumente das von den vorhergehenden so wohl in Hinsicht auf die Gröſse als die Art der Verferigung verschieden war.

Der Quecksilberbehälter des Thermometer bestand in einer Kugel von derselben Gröſse wie bei den vorher gebrauchten Instrumenten; der Glasball hingegen, in dessen Mitte die Thermometerkugel ruhete, war viel gröſser als bei

den vorigen Versuchen, und hatte drei Zoll sieben und eine halbe Linie im Durchmesser. Die Oeffnung der Thermometerröhre war viel feiner, folglich war auch das Thermometer viel länger und seine Grade gröfser. Die Abtheilungen auf der Röhre waren von 10° zu 10° bis 80° mit seidenen Fäden von verschiedenen Farben bemerkt. Die Röhre des Glasballs hatte acht Linien im Durchmesser, war etwas länger als die Thermometerröhre, vollkommen cylindrisch, ohne Einbiegung, indem das Thermometer in der Mitte des Glasballs durch eine andere Vorrichtung schwebend erhalten wurde, wie folgt. In die Oeffnung des Cylinders wurde nemlich ein Stöpsel von trocknem Holze gepafst, der mit festem Firnifs überzogen war, und durch dessen Mitte das Ende der Thermometerröhre ging; dieser Stöpsel erhielt oben die Röhre in der Achse des Cylinders. Um sie auch unten darin zu erhalten, wurde eine feine Stahlfeder ein wenig unter dem Punkt 0° an die Thermometerröhre befestigt. Diese Feder hatte drei herausgebogene elastische Spitzen, die gegen die Wand des Cylinders drückten, und so das Thermometer an seinem Platze erhielten. Die ganze Länge des Instruments von dem Ende des Glasballs an, bis zu dem obern Ende seines Cylinders betrug 18 Zoll, und der Gefrierpunkt des Thermometers fiel 3 Zoll oberhalb seiner Kugel; folglich lag dieser Punkt 1¼ Zoll über der Vereinigung des Cylinders mit seinem Glasball; wenn nemlich das Thermometer an seiner Stelle so ruhete, dafs der Mittelpunkt seiner Kugel mit dem des Glasballs coincidirte. Durch den Stöpsel, der das Ende des Glascylinders verschlofs, liefen ferner zwei kleine Glasröhrchen eine Linie im Durchmesser. Sie ragten eine Linie über den hölzernen Stöpsel hervor, und wurden durch feine Korke, die in ihre Oeffnungen pafsten, verschlossen. Diese Glasröhrchen, die in den hölzernen Stöpsel gut eingekittet waren, dienten dazu, Luft oder irgend eine andere Flüssigkeit in den Glasball zu leiten, ohne dafs man den Stöpsel, der das Ende des Cylinders verschlofs heraus zu nehmen brauchte. Damit durch die Verrückung des grofsen Stöpsels das Instrument nicht geändert würde, so war auch er an seine Stelle festgekittet.

Die Versuche mit dem letzten Instrumente stellte *Rumford* am 18ten Jul. 1785 Nachmittags bei veränderlichem Wetter, heftigen Südostwinde mit Regen vermischt an. Das Barometer stand auf 27 Zoll 10¼ Linie, das Thermometer auf 18° und das Hygrometer änderte sich von 44° bis zur gröfsten Feuchtigkeit.

Um die Resultate des Versuchs mit diesem Instrumente mit den Versuchen mit dem vorhergebrauchten Thermometer vergleichen zu können, sind in der folgenden Tabelle, in der wir das erst gebrauchte I, das letztbeschriebene Thermometer aber II nennen wollen, die Versuche zusammengestellt.

Thermomet. II.

Seine Kugel, 1/2 Zoll im Durchmesser war in der Mitte des Glasballs 5 Zoll 7 1/2 Linie im Durchmesser eingeschlossen, und mit atmospärischer Luft umgeben

Aus gefrierendem Wasser genommen und dann in kochendes getaucht.

Zeitverlauf		Angenommene Wärme
Min.	Sek.	0°
0	33	10
0	38	20
0	54	30
0	51	40
1	7	50
1	28	60
2	28	70
9	0	80
16	59	= Totalzeit

der Erhitzung von 0° bis 80; Zeit v. 0 bis 70° = 7′ 59″.

Thermometer I.

Dessen Kugel 1/2 Zoll im Durchmesser war in der Mitte eines Glasballs 1 1/2 Zoll im Durchmesser eingeschlossen, und mit atmosphärischer Luft umgeben.

Aus gefrierendem Wasser genommen, und dann in kochendes getaucht.

Zeitverlauf						Wärme
Vers. A.		Vers. B.		Mittel		
Min.	Sek.	Min.	Sek	Min	Sek.	0°
0	30	0	30	0	30	10
0	35	0	37	0	36	20
0	41	0	41	0	41	30
0	49	0	53	0	51	40
1	1	0	59	1	0	50
1	24	1	20	1	22	60
2	45	2	25	2	35	70
9	10	9	38	9	24	80
16	55	17	3	16	59	= Totalzeit

der Erhitzung von 0° bis 80.; Zeit von 0° bis 70 = 7′ 35″.

So überraschend übereinstimmend diese Versuche mit den beiden verschiedenen Thermometern waren, eben so wunderbar war ihre Verschiedenheit in dem folgenden Versuche.

Rumford nahm das Thermometer II aus dem kochenden Wasser heraus, hing es sogleich in die Mitte eines grofsen Zimmers auf, dessen Temperatur 18¼ R. betrug, und beobachtete folgende Abkühlungszeiten:

Zeitverlauf.		Wärmeverlust.
Min.	Sek.	80°
1	55	70
0	12	60
0	33	50
2	15	40
4	0	30
9	55	= Totalzeit der Abkühlung von 80° bis zu 30 Grad;

8′ 0 Sek. = Zeit der Abkühlung von 70° bis 30. Bei einem vorhergehenden Versuche mit dem Thermometer I hingegen betrug die Zeit der Abkühlung von 70° bis 30 nur 6′ 11″. Bei diesem Versuche mit dem Therm. II war die Zeit

der Abkühlung von 60° bis 30° = 7′ 48″; in dem erwähnten Versuche mit dem Thermometer I betrug sie nur 5′ 20″. Es ist wahr dafs die Luft des Zimmers in dem obigen Versuche etwas kälter als bei dem letzen war, aber diese Verschiedenheit der Temperatur, die nur $2\frac{1}{4}$° beträgt (bei dem obigen war sie nemlich 16° bei diesem $18\frac{1}{4}$) kann nach R. unmöglich die Differenz hervorgebracht haben.

Da *Rumford* fürchtete, dafs in Hinsicht der vorhergehenden Versuche doch Fehler wegen der Berührung der eingeschlossenen Thermometerröhre mit dem äufsern Glascylinder, wodurch, wie man vielleicht argwohnen könnte, wenigstens ein Theil der Wärme dem Thermometer mitgetheilt wäre, hätten entstehen können, so machte er noch Versuche mit einem Apparate, durch den dieser Grund eines Anstofses vermieden werden konnte; (m s. B. I. p. 44), welche das Resultat gaben, dafs die Wärme durch die Torricellische Leere weit schwerer als durch die atmosphärische Luft strömte.

Da *Rumford* die Leitungsfähigkeit der atmosphärischen Luft und Torricellischen Leere so verschieden gefunden hatte, so wurde er dadurch veranlafst die atmosphärische Luft in dieser Hinsicht bei verschiedenen Graden der Dichtigkeit zu prüfen.

Zu diesem Versuche versah er sich mit einem neuen Thermometer III, dessen Kugel eben die Form und Gröfse ($\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser) als die vorhergehenden hatte. Ferner wurde ein Glascylinder vorgerichtet, acht Linien im Durchmesser und gegen 14 Zoll lang, an dessen einem Ende sich wieder ein Glasball von $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser befand. Hierin wurde das Thermometer, mittelst des Stöpsels, der das Ende des Cylinders verschlofs, so geschoben, dafs die Thermometerkugel wieder in der Mitte des Glasballs ruhete. Mittelst des eben erwähnten Stöpsels, durch dessen Mitte die Thermometerröhre lief, wurde das Thermometer ohne irgend eine andere Vorrichtung in dem Cylinder wieder schwebend erhalten. Durch diesen Stöpsel waren noch zwei andere kleine Löcher gebohrt und mit feinen Glasröhrchen ausgefüllt, wodurch eine Communication mit dem Cylinder unterhalten wurde. Das eine dieser beiden Röhrchen wurde offen gelassen, wodurch dann der Zugang zu dem grofsen Cylinder frei war, das andere an der Oeffnung mit einer Klappe versehen. Das ganze Instrument wurde unter den Recipienten einer Luftpumpe gestellt; die Luft strömte bei dem Pumpen aus dem Glasball und dem Cylinder hinaus, aber die oben angeführte Klappe verhinderte, dafs sie nicht wieder zurückströmte, so bald Luft in den Recipienten gelasseu wurde. — Das Barometer der Luftpumpe zeigte den Grad der Verdünnung der Luft unter dem Recipienten, und folglich zugleich auch der Luft, die sich im Cylinder befand, und das Thermometer unmittelbar umgab. Mit diesem Instrumente stellte er bei heiterm guten Wetter, wo der Barometerstand 27 Zoll 9 Linien betrug, das Thermom. 15° und das Hygrometer 47° zeigte, folgende Versuche an:

Versuch A. Thermometer III. Umgeben mit atmosphärischer Luft; Barometerstand 27″9‴. Aus gefrierendem Wasser genommen und in kochendes getaucht.			Versuch B. Thermometer III. Umgeben mit verdünnter Luft. Barometerstand 6 Zoll 11 1/2‴. Aus gefrierendem Wasser genommen und in kochendes getaucht.			Versuch C. Thermometer III. Umgeben mit verdünnter Luft. Barometerstand 1″ 2‴. Aus gefrierendem Wasser genommen und in kochendes getaucht.		
Zeitverlauf		Angen. Wärme.	Zeitverlauf		Angen. Wärme.	Zeitverlauf		Angen. Wärme.
Min.	Sek.	0°	Min.	Sek.	0°	Min.	Sek.	0°
0	31	10	0	31	10	0	29	10
0	40	20	0	38	20	0	36	20
0	41	30	0	44	30	0	49	30
0	47	40	0	51	40	1	1	40
1	4	50	1	7	50	1	1	50
1	25	60	1	19	60	1	21	60
2	28	70	2	27	70	2	31	70
10	17	80	10	21	80	nicht	beob.	80
7	36	= Totalz. der Erhitzun von 0 bis 70°.	7	37	= Totalz. der Erhitzung von 0° bis 70°.	7	51	= Totalz. der Erhitzung von 0 bis 70°.

Der Herr Graf wagte es nicht das auffallende der Erscheinung, dafs hier, wo die Dichtigkeiten der Luft so verschieden waren, die Differenz ihrer wärmeleitenden Kraft so gering war, da doch wie erst gezeigt ist, die wärmeleitenden Kräfte der atmosphärischen Luft und der Torricellischen Leere so sehr verschieden sind, zu erklären; er bemerkt nur, dafs man sich auf die Richtigkeit der angestellten Versnche sicher verlassen könne. (Benjam. Graf v. Rumford kleine Schriften politisch. ökonomischen und philosophischen Inhalts, nach der zweiten Ausgabe, aus d. Englisch. B. II. Abtheil. 2, Weimar 1800, p. 256 ff. und IV, Abth. 1, aus dem Franz. Weimar 1805, p. 18 ff.) Die Resultate der Versuche des Grafen von *Rumford* sind auch kurz angeführt in Voigt's Magazin f. d. Neueste aus der Physik B. V. St. 1. p. 67 ff., Crell's Annalen 1792, B. I. p. 419.

Aus der Vergleichung der Resultate sehr vieler Versuche fand der Graf, dafs die eingeschlossene Luft das beste Mittel sei, das Entweichen der Wärme zu verhüten. (a. a. O. Abtheil. 1, B. II; *Philosoph. Transact.* 1792 P. I.)

Daſs unbewegte Luft ein schlechter Wärmeleiter sei, sagt auch *Humboldt* (über unterirrdische Gasarten, p. 92); daſs die Körper schneller im Wasser als in der Luft abgekühlt werden *Reynier* (*du Feu etc. Lausanne*, 1787, *p.* 93.)

v. Humboldt erwähnt (Bergmännisches Journal, St. 2, 1792 p. 125), daſs Luft weniger als Steine leite, sei wohl auſser Zweifel und den englischen Fabrikanten längst bekannt.

Langsdorf (Physisch mathematische Abhandlung über Gegenstände der Wärmelehre, Marburg 1796, p. 182) bemerkt, jede Luftschicht die man sich um einen warmen Körper herum, eine an der andern gedenken könne, erhalte allerdings ihr Maximum von Temperatur mit auſserordentlicher Schnelligkeit, eine glühende eiserne Kugel, die man durch ein in ihrer Hölung befindliches Feuer im Glühen erhalte, in die freie Luft gebracht, theile z. B. der fünf Fuſs von ihr entfernten Luftschicht ihr Maximum von Temperatur augenblicklich mit, so daſs ein Thermometer sogleich in diese Entfernung gesetzt, eben so hoch steige, als wenn man es erst, nachdem die glühende Kugel schon eine Stunde da wäre aufgehängt worden, 10 Sekund. lang in diese Entfernung setzt. Ein Mensch der seine Hand gleich anfangs etwa 1 Fuſs weit von der glühenden Kugel halte, empfinde eben die Wärme, als wenn er dieses erst nach einer Stunde thäte. Sobald die glühende Kugel von ihrer Stelle weggenommen werde, empfinde man nichts mehr von der groſsen Hitze der Luftschicht welche vorher die Kugel unmittelbar berührte. Bringe man ein verschlossenes Gefäſs mit eiskalter Luft in ein erwärmtes Zimmer, und zerschlage es darin so, daſs die kalten Wände oder ihre zerbrochenen Stücke beim Schlage gleich in einiger Entfernung zur Erde fallen, so erhalte die jetzt befreite kalte Luft augenblicklich die Temperatur des Zimmers, und sie scheine daher plötzlich wie verschwunden. Die Erscheinung, daſs z. B. eine glühende groſse Kugel in ein Zimmer gebracht, erst nach und nach das Zimmer zu erwärmen scheine, sei gar kein Einwurf, weil alle im Zimmer befindliche Dinge, so wie die Wände, Boden und Decke des Zimmers eine groſse Menge von Wärmetheilen rauben, und die Person welche die Empfindung der allmälig zunehmenden Wärme bekomme, solche hauptsächlich dadurch erhalte, daſs sie selbsten erst nach und nach immer mehrere Wärmetheilchen aufnehme.

Alle Erfahrunngen, die man in Ansehung der Wärmeleitung der Luft anführen könne, beweisen ihre auſserordentliche Schnelligkeit und er wüſste keine zu nennen, die solche nicht bewiese. Er sehe daher von dieser Seite gar keinen Widerspruch in der Natur der Luft mit einer von ihm angeführten Formel über die Leitung der Wärme (S. Th. II. Körper im Allgemeinen und Wärme) nach der diese wärmeleitende Kraft der Luft = 473 gesetzt wird, wenn man die des Wassers gleich 1 annimmt. Aber so wie die Wärme oder die Temperatur

der

der nach einanderfolgenden Schichten einer Masse, die den wärmenden Körper umgiebt, steige, so werde der dem Ausflufs aus dem wärmenden Körper entgegen wirkende Widerstand immer gröfser, und so nehme die wärmeleitende Kraft mit der steigenden Temperatur der um den wärmenden Körper liegenden Schichten immer ab, bis alle Schichten ihr Maximum von Temperatur erreicht haben. Die Luftschichten erreichen nun ihr Maximum äufserst schnell, so nemlich, dafs weiter hin die Veränderlichkeit und damit verbundene Vergröfserung des Widerstands für 0 anzusehn sei, daher der Wärmeausflufs in die Luft sehr bald seinen ganzen Widerstand finde, wenn er nicht etwa durch Hohlspiegel in eine paralelle Richtung gezwungen werde. Auf diese Weise seien es also nur einige Augenblicke, für welche die Wärmeleitungskraft der Luft nach seiner Formel gleich 473 gesetzt werden könne; hiernächst habe der Widerstand sehr nahe seine völlige Gröfse erlangt, und die wärmeleitende Kraft werde dadurch merklich kleiner als die des Wassers. Ob *Rumfords* Bestimmung richtig sei, wage er nicht zu entscheiden, indessen zweifle er sehr daran.

Herr *v. Humboldts* Aussage, dafs die Steine mehr leiten als die Luft, beleucht er folgendermafsen:

Man gedenke sich z. B. ein grofses Parallelepipidum von Stein, das mehrere Kubikklafter hält, und in solchem auf seiner Oberfläche eine Vertiefung als Feuerstätte, über welcher eine Pfanne mit Wasser zum Versieden angebracht wird, so läfst sich fragen, ob hier nicht durch die Steinmasse sehr viele Wärme abgeleitet, oder ein grofser Wärmeverlust verursacht wird. Man könnte nemlich statt dessen auch einen hohlen Heerd anlegen, etwa mit dünnen Roststangen und Platten belegt; würde dieser nicht weit weniger Wärme rauben? Der erste Heerd sei = A der letztere = B. Der Heerd A raubt allerdings, bevor die Wärme in den Beharrungsstand tritt 1) viele Wärmetheile, und die fernere Ableitung geht in die Luft. Der Heerd B tritt weit früher in den Beharrungsstand, setzt in dieser Zwischenzeit, so lange wenigstens der B dem Beharrungsstande noch nicht nahe genug gekommen ist, nicht so viel Wärmetheile ab, und leitet dieselben gleichfalls in die Luft.

Anfangs leitet also allerdings der A mehr Wärme ab als der B. Aber diese Leitung in seine eigene Masse wird immer geringer, bis sie endlich bei Eintretung in den Beharrungsstand unveränderlich wird. In diesem Beharrungstand kann nun die Leitungskraft der Heerdmasse so wenig nach der angeführten Formel beurtheilt werden, als die Leitungskraft der Luft, welche 473 Mal so grofs

1) *Um alles was Herr* Langsdorf *hier sagt gehörig würdigen zu können, mufs man damit seine Arbeiten über die Wärmeleitung überhaupt die im Th. II. dieses Werks bei Wärme und Körper im Allgemeinen angeführt sind, vergleichen.*

als die des Wassers sein sollte, und doch wegen ihrer allmäligen Wärmeabnahme im Ganzen so sehr klein ist. Des Heerdes Wärme ist gleichfalls nur zunächst beim Feuer am Gröſsten, und nimmt von da in Gröſserer Entfernung immer ab, so daſs er da, wo er mit der Luft in Berührung kommt, nur noch eine sehr geringe Temperatur hat, welche auch nur einen sehr geringen Abgang von Wärme gestattet.

Man könnte sich, um die Sache auffallend zu machen, den Heerd so groſs vorstellen, daſs die in der Heerdmasse in gewisser Entfernung vom Feuer im Beharrungsstand befindliche Wärme an einem heiſsen Sommertage nicht gröſser wäre als die äuſsere Luftwärme, so daſs die Wärme auf fünf Seiten des Parallelepipedums als völlig verschlossen angesehn wäre, weil sie keine Uebermacht der Temperatur hätte; jetzt würden also blos auf eine gewisse Strecke ringsum den Heerd aus der Oberfläche des Parallelepipedums Wärmetheile in die Luft abgesetzt.

Müſste nicht in diesem Falle der Heerd B mehr Wärmetheile absetzen oder in die Luft leiten, als der A, da bei jenem der unerhitzte dünne Boden mit der Luft nicht bloſs auf der Oberfläche, sondern auch unterhalb in unmittelbarer Berührung steht. Hier spricht nemlich Herr *Langsdorf* von der Zeit des Beharrungsstandes, oder der Zeit, da die Temperatur der einzelnen Schichten von dem Maximo wenigstens nicht mehr merklich verschieden ist. Er ist deshalb nach vielen angestellten Versuchen noch immer der Meinung die er schon mehrere Jahre vorher dem Herrn *v. Humboldt* äuſserte, daſs bloſs die Anstalt einen Heerd auf Gewölbe zu bauen, dem Zweck Feuerungsmaterialien zu ersparen nicht entspreche. Im Beharrungsstand der Wärme werden desto weniger Wärmetheile als Verlust abgesetzt, je mehr die Leitungskraft der Materie, welche dieselbe ableitet, geschwächt wird; und diese Verschwächung geschehe durch die Vergröſserung ihrer Masse.

Ein sechs Zoll dicker parallelepipedischer Heerd werde im Beharrungsstand bei einerlei Gröſse der Oberfläche mehr Wärmetheile abführen, als derselbe wenn er 24 Zoll dick, und mit dem ersten gleich frei ist. Dies werde um so mehr seine Richtigkeit haben, wenn der letztere nicht so frei sei, als der erstere z. B. wenn er unterhalb in allen Punkten auf trocknem Erdboden aufsitze. Ein auf Gewölben aufsitzender Heerd werde also im Beharrungsstande mehr Wärmetheile in einerlei Zeit abführen, als ein solcher, welcher kein Gewölbe unter sich hat, wenn übrigens beide aus einer Materie gebaut sind. Nur vor Eintretung des Beharrungsstandes, sei wenigstens bis auf einen gewissen Zeitpunkt der Verlust beim gewölbten kleiner als beim ungewölbten. Indem also der letzte bis zum Beharrungsstand wenigstens eine Zeitlang mehr Wärmetheile nöthig habe, als der erste, so sei in dieser Zeit bei ihm der Verlust gröſser als bei dem andern. Da aber dieser Verlust mit Eintretung des Beharrungsstands auch schon eine Zeitlang vorher ein Ende habe, so erhelle, daſs nicht einmal

alle vor dem Beharrungsstande in den ersten Heerd mehr als in den andern eingedrungene Wärmetheile, als der Unterschied des Verlustes beider Heerde angesehen, sondern daſs der Unterschied noch merklich kleiner angenommen werden müsse. Setzt man den Unterschied der von den verschiedenen Heerden eingesogenen Wärmetheilchen $= M - M'$, so daſs M' auf den unterwölbten Heerd geht, und der Unterschied der Wärmetheilchen, welche nach Eintretung des Beharrungsstandes des nicht gewölbten Heerdes in der Zeit T von diesen Heerden abgeleitet werden, $\mathfrak{m} - \mathfrak{n}$, wo $\mathfrak{m}$ auf den unterwölbten Heerd geht, so ist nach der Zeit $\mathfrak{m}\,T$ der Verlust bei dem nicht gewölbten Heerd $= M + m\,\mathfrak{n}$, der Verlust bei dem gewölbten Heerd $= M' + \mathfrak{m}\,m$, also das Verhältniſs des Verlustes Z bei dem nicht gewölbten und des Z' bei dem gewölbten oder überhaupt hohlen Heerd $Z : Z' = M + m\,\mathfrak{n} : M' + m\,\mathfrak{m}$. Wenn man anstatt M setzen will a. M' statt $\mathfrak{n}$ aber $\frac{\mathfrak{m}}{b}$, so ist $Z : Z' = a.\ M' + \frac{\mathfrak{m}\,m}{b} : M' + m\,\mathfrak{m}$ wo bloſs m veränderlich ist.

Soll also $Z = Z'$ werden, so hat man $a\ M' + \frac{\mathfrak{m}}{b}.\ m = M' + m.\ \mathfrak{m}$ und $m = \frac{b\,(a-1).\ M'}{\mathfrak{m}.\,(b-1)}$; ist demnach $m > \frac{b.\ (a-1)\ M'}{\mathfrak{m}.\ (b-1)}$ so ist $Z' > Z$.

Eine kleine Ueberrechnung zeigt nun, daſs m nicht gar groſs sein dürfte, damit $m > \frac{b.\ (a-1)\ M'}{\mathfrak{m}.\ (b-1)}$ werde, und daher bei Anstalten, wo sehr lange fortgefeuert wird, gewiſs $Z' > Z$ wird, oder am Ende der hohle Heerd mehr Wärmetheilchen abgeführt hat, als der nicht hohle. Daſs übrigens Gewölbe doppelt schädlich sein würden wenn sie einem freien Luftzuge ausgesetzt wären, versteht sich von selbst. Die stufenweise Abnahme der Temperatur der Luft, vermöge welcher die vom wärmenden Körper etwas entfernten Luftschichten allemal weniger warm sind, als die am Körper anliegenden, hat den nothwendigen Erfolg, daſs ein Körper, welcher wärmer als die äuſsere Luft ist, schneller erkältet, wenn dieselbe in Bewegung gesetzt oder er in derselben bewegt wird, als wenn beide in Ruhe bleiben, weil der Körper dabei immer wieder mit kühlern Luftschichten in Berührung kommt. Daher kühlt man sich in einer warmen Stube selbst mittelst der warmen Luft ab, wenn man dieselbe durch einen Fächer schnell vor seinem Gesichte abwechselt. Umgekehrt wird ein Körper desto stärker aus gleichem Grunde in einerlei Zeit von der ihn umgebenden wärmern Luft erwärmt, je mehr diese flüssige Masse oder der Körper in ihr in Bewegung gesetzt wird. Aus den angeführten Gründen behauptet nun Herr *Langsdorf*, daſs alle die gewöhnlich angewandten Materien, selbst Blei, wenn eine hinlänglich groſse Masse in Ansehung der Wärme in den Beharrungsstand gekommen ist, im Ganzen eine geringere wärmeleitende Kraft haben, als die Luft. Wenn also der Verlust vor dem Beharrungsstande durch den nachherigen Vortheil wieder

vergütet, d. h. die Feuerung lange genug fortgesetzt wird, so ist es bei jeder Materie, deren man sich zum Heerd bedient, nach L vortheilhafter die Feuerung durch eine beträchtliche als nur durch eine geringe Masse des Heerdes von der Luft zu scheiden.

Herbert sagt (*Diss. de igne* p. 37.) Von allen flüssigen Körpern nimmt die Luft die Wärme am schnellsten an, und läst sie wieder fahren; wenn die Kugel einer Thermometerröhre mit Luft gefüllt wird, die Röhre aber, die mit der Kugel zusammenhängt so gekrümmt ist, dafs indem die Kugel in warmes Wasser getaucht wird, die Mündung der Röhre in kaltes Wasser getaucht werden kann, und die Luftblasen, welche durch das Wasser gehn, gesehn werden können; wenn ferner ein beinahe gleiches Glas, oder auch eins von einer kleinern Kugel mit Quecksilber angefüllt wird, und die Kugeln beider Gläser zugleich in warmes Wasser getaucht werden, so werden die Luftblasen weit schneller als die Quecksilberblasen aufhören heraus zu fahren, zum deutlichen Beweise, dafs die Luft weit schneller den Grad der Ausdehnung, den sie von warmen Wasser empfangen konnte, als das Quecksilber erhalten habe.

Socquet (*Essai sur le Calorique p.* 52) führt an, die Luft besitze nicht viel Leitungsvermögen (*conducibilité*) für den Wärmestoff, und deshalb werde man leicht begreifen, dafs je mehr ein Körper Poren habe und je mehr Luft darin enthalten sei, er desto weniger ein guter Leiter für Wärme sein werde.

Link erwärmte sein Luftthermometer bis es um vier Grade stieg, die etwa zwei Grade Fahrenh. machten, liefs es dann in atmosphärischer Luft erkalten bis es wie vorher die Temperatur der umgebenden Luft angenommen hatte, wobei er die Zeit nach einer genauen Uhr die halbe Sekunden schlug zählte.

Durch den ersten	Grad	fiel das Thermometer	in	8 — 9	Sekunden
—	— 2ten	—	—	22 — 25	—
—	— 3ten	—	—	55 — —	—
—	— 4ten	—	—	100 — 120	—

(Link's Beiträge zur Phisik und Chemie, B. I, St. 2 p. 63 ff.) 1)

Aehnliche Erfolge sagt er (a. a. O. St. 3, p. 69) könne man in jedem schwach geheitzten Zimmer mit einem kleinen cylindrischen thönernen Ofen wahrnehmen. Er hat auch jene Versuche auf eine andere Art wiederholt. Er verschaffte sich nemlich zuerst ein empfindliches Luftthermometer, welches sich um 50° erhob, wenn das Quecksilberthermometer um 3° Reaum. stieg. Dann erwärmte er den ziemlich kugelförmigen Bauch einer Retorte gelinde in einem Ofen, und brachte sie der Kugel des Luftthermometers in einem geräumigen Zimmer, dessen Temperatnr + 4° R. war, gegen über, wartete bis das Thermometer nicht mehr

1) *Mehr im Detail sehe man seinen Apparat und sein Verfahren bei diesen Versuchen bei Sauerstoffgas und Wärme Th. I, B. I. p.* 104 *in dem Meyerschen Werke.*

stieg, und rückte es dann der Retorte um die Hälfte der Entfernung näher. Angenommen, dafs die Kugel des Thermometers eine unendlich kleine Ebene gegen den Bauch der Retorte war, worauf die Wärmestrahlen der letztern senkrecht fielen, so mufste sich nach photometrischen Grundsätznn die Erwärmung der Thermometerkugel umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der wärmenden Kugel verhalten, wenn sie allein von der strahlenden Wärme herrührte. Niemals näherte sich auch nur das Resultat jener Versuche diesem Satze, oft stieg das Thermometer in einer halb so grofsen Entfernung nur noch ein Mal so hoch, als es in der doppelt so grofsen Entfernung gestiegen war; ein Mal da es im Zimmer auf 19, in einer Entfernung von 1 Fufs auf 22 Grad stand, hob es sich in einer Entfernung von einen halben Fufs auf 27 Grad. Alle seine Versuche schliefst er, stimmen darin überein, dafs man für nicht zu gelinde und zu starke Wärme annehmen darf, die Erwärmung in der Luft verhalte sich umgekehrt, wie die Entfernung von der Quelle der Wärme.

Parrot stellte mit seinem Heberthermometer das B. I, Taf. VII. Fig. 6, abgebildet, und p. 323 beschrieben ist, Versuche über das Leitungsvermögen der atmosphärischen Luft für Wärme an. Die Einrichtung dieses Instruments ist kürzlich folgende: Ein heberförmig gebogenes Quecksilberthermometer mit seiner Skale, deren unterste Stufe den Reaumürschen 0 Grad anzeigt, und das so gefüllt ist, dafs dies 0 in dem langen Schenkel sich befindet, wird mit einer oben und unten offenen Glasröhre so verbunden, dafs die Kugel und ein Theil ihrer Röhre in der grofsen Röhre von unten herauf hervorragt. Der untere Theil der Röhre ist vermittelst eines Korks, durch welchen das Thermometer geht, wasserdicht verschlossen. Oben ist an der Skale ein messingener Haken befestigt, an welchem ein eiserner Cylinder an einem Drathe in der Glasröhre hängt. Mehrere Dräthe, die man in Bereitschaft hält, verstatten es, den eisernen Cylinder mehr oder minder tief zu hängen. Der Cylinder, so wie die Thermometerkugel passen so in die Glasröhre, dafs man zwischen sie und die Röhre nichts als eine Papierdicke stecken kann. Eine messingene Zwinge, am untern Theile der Glasröhre angeküttet, trägt auf drei Füfsen von starkem Messingdrathe den ganzen Apparat.

Dieses Instrument wird auf folgende Art gebraucht. Eine Flüssigkeit von gleicher Temperatur als die äufsere Luft wird in die Röhre des Instruments in solcher Menge gefüllt, dafs, wenn der eiserne Cylinder in die Röhre hineingesenkt wird, die Flüssigkeit an dessen Seiten zwischen ihm und der Glasröhre hinaufsteigt. Ehe aber der Cylinder versenkt wird, wird er folgendermafsen bis zum Wassersiedepunkt erhitzt. Man läfst den Cylinder für jeden Versuch fünf Minuten lang in beständig stark kochendem Wasser liegen. Beim Herausnehmen wird er schnell abgewischt indessen nicht sehr sorgfältig, um keine beträcht-

liche Erkältung zu bewirken. Gleich nach dem Einsenken des Cylinders wird der Stand des Thermometers an der Skale von Minute zu Minute beobachtet und aufgeschrieben. Der Versuch wurde jedes Mal vierfach angestellt, so daſs die untere Fläche des Cylinders sich in verschiedenen Abständen von der Thermometerkugel befand, zuerst 1‴ dann 3‴, dann 6‴ endlich 12‴. Nach jedem Versuche wurde sehr pünktlich dafür gesorgt, daſs Gefäſse und Flüssigkeiten genau die Temperatur der umgebenden Luft hatten. Bei allen Versuchen beobachtete der Herr Hofrath so lange, bis er gewiſs war, daſs das Quecksilber im Heberthermometer nicht mehr stieg. Alsdann beobachtete er die Temperatur der Flüssigkeit mit einem andern sehr kleinen und sehr empfindlichen Thermometer, nachdem er den eisernen Cylinder herausgezogen hatte. Die Luft gab, als auf die angezeigte Weise damit verfahren wurde, folgende Resultate:

Zeit in Minuten	Ister Abstand 1‴	IIter Abstand 3‴	IIIter Abstand 6‴	IVter Abstand 12‴
	Temperatur am Heberthermometer in R. Grad.			
0	12,9	13, 2	13, 8	13, 4
½	13,9	13, 6	13, 9	13,45
1	14,5	14, 0	14, 0	13, 5
2	17,1	15, 1	14,25	13, 6
3	18,8	16, 0	14, 7	13,85
4	19,9	16, 7	15, 1	14, 1
5	20,7	17, 5	15, 6	14, 2
6	21,1	18, 1	15, 9	14, 3
7	21,3	18, 6	16, 1	14, 4
8	—	18, 7	16, 2	14,45
9	—	18,75	16, 3	14, 5
10	—	18,75	16, 3	14, 6
11	—	—	—	14,65
12	—	—	—	14, 7
13	—	—	—	11, 7

Folgendes bemerkt *Parrot* über die einzelnen Versuche:

Zu I. Bei dem Herausnehmen des Cylinders fiel das Heberthermometer schnell um 0,2. Zu II, *Parrot* hatte den Einfall die Temperatur ein Mal über dem Cylinder zu Ende des Versuchs zu beobachten, und fand sie = 24, 5. Beim Herausziehen des Cylinders bemerkte er kein Fallen des Quecksilbers im Heberthermometer.

Zu III und IV. Beim Herausziehen des Cylinders änderte sich der Stand des Heberthermometers nicht.

Im Allgemeinen bemerkt er noch, daſs bei diesen und allen Versuchen mit diesem Apparate der Cylinder nicht so vollkommen abgetrocknet werden konnte, daſs nicht etwas Nässe daran kleben blieb. Daher zeigte sich am obern Theile der Glasröhre, innerhalb über dem Cylinder immer ein Niederschlag von Wasserdunst, der gegen Ende des Versuchs zum Theil, etwa 4‴ vom Cylinder an gerechnet verschwunden war. (Gilberts Annalen der Physik B. XVII. St. 4 p. 375. 376)

Hildebrandt sagt in s. Encyclop. der Chemie Th. I. p. 93, die Luft sei ein vorzüglich starker Wärmeleiter, corrigirt sich indessen Th. II. p. 89 dahin, daſs er anführt ruhig stehende Luft sei ein sehr schlechter Wärmeleiter, die Luft werde aber wärmeraubend, wenn die erhitzte Luft aufwärts ziehe, und dagegen kalte nachtrete. 1)

Die Leitungsfähigkeit der verdünnten Luft im Recipienten der Luftpumpe hatte schon *Otto v. Guericke* im Jahre 1666 untersucht. Er brachte nemlich Butter unter den Recipienten, und stülpte, da die Luft wohl ausgepumpt war, eine stark erhitzte eiserne Glocke über denselben. Die Butter war nach 5 bis 6 Minuten noch nicht ganz geschmolzen, obgleich der Recipient selbst sehr warm geworden war. Wurde die Butter der obern Decke des Recipienten so genähert, daſs sie nur 3 Finger breit davon entfernt war, so fing sie an zu schmelzen; indessen geschah das Schmelzen viel geschwinder, wenn man wieder die äuſsere Luft in den Recipienten hineinlieſs, ob man gleich die Glocke in demselben Augenblicke wegnahm. (*Histoire de l'Academie à Paris T. I. depuis son etablissement en* 1666 *jusqu' à* 1686. *Paris* 1733, *p.* 46.)

Franklin hing einen heiſsen Körper unter die ausgepumpte Glocke einer Luftpumpe, und einen andern Körper, der eben so heiſs war, in die Luft des Zimmers nahe bei die Pumpe. Beide Körper waren von der Art, genau die Abänderungen der Wärme, die sich in ihnen ereigneten, zeigen zu können. Er bemerkte nun folgende Abkühlungszeiten. Das Thermometer fiel von 60° R.

1) Die Kenntniſs der Art und Weise, wie die Wärme durch die Luft fortgepflantzt wird, führt uns zu der zweckmässigsten Einrichtung verschiedener technischer Instrumente. So heiſst sie uns unsere Oefen mit doppelten Wänden die einen lufterfüllten Raum einschlieſsen (der Luftraum muſs ringsum eingeschlossen sein, und nur oben irgendwo eine kleine Oeffnung haben, damit die durch die Erwärmung ausgedehnte Luft durch diese ausweichen kann) zu versehen; die Leitungskanäle, für Wärme und Feuerheerde von allen Seiten mit eingeschlossener Luft zu umgeben; die Deckel der Gefäſse worin wir kochen so wie unsere Fenster doppelt zu machen und dergleichen. Um die Anwendung des Satzes, daſs eingeschlossene Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, zu der Erreichung technischer Zwecke, hat sich der Herr Graf v. Rumford bei der Einrichtung mehrerer Feuerungsanstalten in München sehr verdient gemacht. v. S.

		im leeren Raum		in der Luft
auf 50	—	in 17 Minuten	—	in 7 Minuten
40	—	in 54 Minuten	—	in 22 Minuten
30	—	in 85 Minuten	—	in 29 Minuten
20	—	in 167 Minuten	—	in 63 Minuten

Hieraus ergiebt sich dafs *Franklin* das Verhältnifs des Leitungsvermögen der Luftpumpenleere zu dem der Luft beinahe wie 2:5 fand. (**Blaks** Vorlesungen über die Grundlehren der Chemie p. 34.)

Marat führt (phys. Untersuch. über das Feuer, aus dem Franz. v. Weigel Leipzig 1782, p. 49 und f.) Folgendes über die Fortpflanzung der Hitze in verdünnter Luft an: Wenn man eine glühende Kugel auf eine in der Maschine zum leeren Raume angebrachte Stange geschroben, und mit einem kegelförmigen Glase bedeckt hat, welches durch einige Züge mit dem Stempel unmittelbar auf seine Unterlage geheftet ist, so wird man, wenn man die Fortpflanzung der Hitze beobachtet, sehen, dafs sie sich mehr nach oben als nach unten in der Glocke vertheilt. Hat man die Pumpe so lange gehen lassen, dafs das Quecksilber bis zu 14 Zollen hinuntergefallen ist, wendet die Maschine dann mit einem Male um, so dafs die Glocke zur Seite steht, und hält sie einige Zeit in dieser Lage, so wird der obere Theil alle Mal heifser werden, als der untere oder zur Seite befindliche, aber die Fortpflanzung der Hitze wird viel langsamer vor sich gehn. Hat man die Maschine wieder in ihre vorige Stellung gebracht und läfst die Pumpe ferner gehn, bis die Luft so viel als möglich herausgezogen ist, und legt dann die Glocke geschwind auf die Seite, so wird sich derselbe Erfolg zeigen, und die Fortpflanzung der Hitze wird noch viel langsamer geschehen. — Eine sechs Linien dicke weifsgeglühete, und mitten in eine zehn Zoll weite kugelrunde Glocke gestellte eiserne Kugel ertheilt den Wänden eine sehr merkliche Stufe der Hitze, wenn man die Pumpe sogleich gehen läfst, nachdem man sie hinein gestellt hat. — Hängt man eine kleine glühende Kugel unter eine Glocke von Spiegelglase auf, so sieht man, dafs der feurige Dunstkreis sich in dem Maafse ausdehnt, wie man einen luftleeren Raum bewirkt, und in dem Verhältnisse, in welchem man wieder Luft hineinläfst, auch zu seiner vorigen Erstreckung wieder zurückgebracht wird. Dieser Versuch gelingt nach *Marat* indessen nur in so weit, als die in der Glocke niedersinkende Luft mit Hülfe eines passenden Instruments gegen die Wände getrieben wird, denn sonst bewegt sie die feurige Flüssigkeit gegen welche sie stöfst, nur mit Gewalt hin und her. Läfst man die Luft durch einem Trichter hinzu, so sieht man, dafs die feurige Flüssigkeit gegen den Körper, von dem sie eben ausflofs, zurückgetrieben wird.

Läſst man nach weggenommener Glocke die Kugel schnell hinunter sinken, so sieht man, daſs der untere Theil dieses Dunstkreises in dem Maaſse schneller wird, wie er sich senkt, d. i. wie er durch die Luft, welche er aus der Stelle treibt, stärker zusammengedrückt wird.

Folgender von Dr. *Wodgwood* angestellte Versuche scheint zu beweisen, daſs die Luft nicht glühend werden kann. Er tauchte eine irdene gebogene Röhre in einen weiten Schmelztiegel, der mit Sand angefüllt war. An dem einen Ende dieser Röhre war ein Blasebalg, an dem andern ein kugelförmiges Gefäſs befestigt. Im letztern war ein mit einer Klappe verschlossener Ausgang, so daſs die Luft zwar von Innen herausdringen, von Auſsen aber nicht hineintreten konnte. In diesem kugelförmigen Gefäſse war noch eine andere mit Glas verschlossene Oeffnung, durch die man das, was im Innern des Gefäſses vorging betrachten konnte. Als diese Einrichtung getroffen war, wurde der Schmelztiegel in das Feuer gesetzt, und so wie der Sand glühete vermittelst des Blasebalges Luft in die Röhre geblasen. Die Luft kam nachdem sie die Röhre durchstrichen hatte, in das kugelförmige Gefäſs. Sie leuchtete nicht; wurde aber ein Stückchen Golddrath an dem Theile des Gefäſses befestigt, wo die Röhre in dasselbe trat, so leuchtete dieses schwach. Hieraus erhellete daſs die so stark erhitzte Luft, daſs sie andere Substanzen in den Zustand des Glühens versetzen konnte, nicht leuchtete.

Scheele (Abhandlung von Luft und Feuer, ins Franz. übers. v. Dietrich, 1781, p. 118, f.) war der erste, welcher die in die Luft strahlende Wärme in physikalischer Hinsicht betrachtete. Um die Art wie die Wärme in dieser Modifikation wirkt, besser zu erforschen, hatte er die Umstände so gewählt, wie sich dabei die Erscheinungen, welche dieses Fluidum hervorbringt, auf eine auffallendere Art äuſsern; die nemlich, wo dasselbe aus einem Ofen hervorströmt, in welchem Holz lebhaft brennt, und an welchem man die Thüre offen gelassen hat. Der Wärmestoff stürtzt in diesem Zustande wie ein Strom auf die umgebende Luft zu, jedoch ohne sich mit ihr zu vereinigen, ja sogar ohne sie zu erhitzen. Wird dieser Versuch im Winter gemacht, so kann der Beobachter den Dunst seines Athems deutlich sehen, welches in einer erwärmten Luft nicht geschehen würde, und welches während des Sommers auch wirklich nicht Statt findet. Diese Ausströmung des Wärmestoffs hat eine so starke Neigung, sich in gerader Linie fort zu bewegen, daſs seine Richtung durch den Luftstrom, der sich immerwährend gegen die Oeffnung des Ofens hin bewegte, um die Luft zu ersetzen, welche von der innern Wärme ausgedehnt ist, nicht im geringsten verändert wird; ja man mag sogar die vor der Thüre des Ofens befindliche Luft mit Gewalt in die heftigste Bewegung setzen, vergebens; der Lauf der Wärmestrahlen wird dadurch eben so wenig gestört, als der Lauf der Sonnen-

strahlen. (Haüy's Handbuch der Physik, aus dem Franz. von Weifs, B. I, Abtheil. I, p. 163 f.)

γ. Veränderungen der Luft durch Wärme ausser denen in Hinsicht auf das Volumen.

Von Saluce band an den Hals einer langhälsichten gläsernen Phiole, die unmittelbar in offenes Feuer gelegt wurde, eine welke Blase, damit die in der Phiole enthaltene, durch das Feuer verdünnte, und aus der Phiole hervorkommende Luft in derselben aufgefangen, und wenn sie abgekühlt und verdichtet wäre, aus der Blase wieder in die Phiole, vermittelst des Drucks der äufsern Luft hinein geprefst werden könnte. Als die Phiole so lange im Feuer gelegen hatte, bis sie glühend geworden war, schwoll die Blase auf, und da hernach die Phiole aus dem Feuer genommen war, dafs sie sich abkühlen konnte, wurde die Blase wieder so welk, als sie vorher gewesen war. Da man nun von der umgekehrten Phiole den Hals abbrach, und eine Flamme in ihre Höhle brachte, so erlosch dieselbe eben so schnell, als wenn die Luft durch eine andere Flamme vorher verderbt gewesen wäre. *Cigna*, der bei diesen Versuchen gegenwärtig und hülfleistend war, glaubte nun, dafs durch die Kälte, als den Gegensatz der Wärme, die entgegengesetzte Wirkung werde hervorgebracht, und also die verderbte atmosphärische Luft wieder hergestellt werden könnte. Er brachte deshalb ein angezündetes Licht durch eine kurzhälsichte Bouteille in ihren Bauch, verstopfte die Mündung des Halses mit weichem Waehse ganz dicht, und liefs die Flamme darin so lange brennen, bis sie ausgieng; 1) hierauf legte er Eis rings umher, liefs die Bouteille kalt werden, und erhielt sie zwölf Stunden lang in einem Grade der Kälte. Alsdann nahm er die Bouteille aus dem Eise heraus, und wartete so lange, bis sie wieder die Temperatur des Zimmers angenommen hatte; nun kehrte er die Bouteille um, öffnete den Hals, brachte ein brennendes Licht in den Bauch der Bouteille, und fand, dafs dasselbe eine Zeitlang brennen blieb. Der Versuch wurde einige Mal mit gleichem Erfolge wiederholt. Hatte die Bouteille nur 2 oder drei Stunden zwischen Eis gelegen, so behielt die inwendige Luft ihre vorige der Flamme nachtheilige Eigenschaft. *Saluce* stellte nun folgenden Versuch an: Er setzte eine der vorher beschriebenen ähnliche, mit Blase zugebundene, und kurz zuvor von dem Feuer abgenommene Bouteille zwischen klein gestofsenes Eis, liefs sie einige Stunden darin stehen, und fand, dafs die in den Bauch der umgekehrten und geöffneten Bouteille hinein gebrachte Flamme brennen blieb. *Cigna* nahm jetzt ein beinahe cylindrisches gläsernes Geschirr, welches überall ver-

1) *Man vergleiche unter Luft, Licht und Wärme die Abtheilung γ.*

schlossen war, gegen oben aber zwei an einander hängende Röhren hatte, welche sich in dessen Höhle öffneten. An der einen Röhre wurde ein gläserner Heber, worin Quecksilber war, gekittet; durch die andere wurde ein angezündeter Wachsstock in die Höhle des Cylinders gebracht, und unterdessen die Röhre selbst mit weichem Wachse, worauf das Licht stand, dicht verklebet. Die Flamme dauerte 25 oder 30 Sekunden. Als sie erloschen war, bemerkte er, dafs das Quecksilber in dem angebrachten Schenkel des Hebers ohngefähr einen Zoll über den Wasserpafs gestiegen war. Nachdem das Geschirr aber mit einer dicken Schicht Eis fast rings herum umgeben und abgekühlt war (diejenigen Stellen ausgenommen, wo die Röhren mit Wachs verklebt waren; aus Furcht, dafs dieses durch die Berührung des Eises und Wassers von dem Glase hätte losgehen können), sah er das Quecksilber noch 3 bis 4 Zoll über den Wasserpafs steigen. Da neues Eis an die Stelle des zerschmolzenen und abfliefsenden gelegt war, erhielt man das Geschirr in diesem Zustande ohngefähr 6 Stunden lang; die Höhe des Quecksilbers im Heber war sowohl vor Hinzulegung des Eises, als auch nach dem Gebrauche desselben mit einem Faden bemerkt. Nach Ablauf der angegebenen Zeit nahmen sie das Geschirr aus dem Eise heraus, liessen es in dem Zimmer zur Annahme der Temperatur desselben eine Weile liegen, und nahmen wahr, dafs das Quecksilber nach und nach bis zum vorhergehenden Zeichen, aber nicht tiefer fiel. Hierauf wurde der Stöpsel, worauf das erloschene Licht stand, behutsam heraus gezogen, ein anderes brennendes Licht hinein gesetzt, und beobachtete, „dafs es so lange brennen blieb, als das Geschirr voll frischer Luft war, so, dafs ohne Zweifel diese Luft den von der vorigen Flamme ihr zuwege gebrachten Fehler abgelegt hatte." (Cigna's Nachricht von den Versuchen, welche in der Gesellschaft der Wissenschaften zu Turin über das Erlöschen der Flamme in verschlossenen Gefäfsen angestellt sind; aus dem Th. I, der *Miscellan. philosoph. mathem. Societ. prin. Taurin* 1759, 4. übersetzt von *D. Krünitz* im neuen Hamburg. Magazin, Stück 27, p. 228.)

Priestley führt (in s. Vers. und Beobacht. über verschiedene Gattungen der Luft, Th. I, aus dem Engl., Wien und Leipzig 1778, p. 46) an, er habe in den Nachrichten der naturforschenden Gesellschaft zu Turin auf der 41sten Seite des ersten Bandes gelesen, dafs die Luft, in welcher Lichter ausgelöscht wären, dadurch, dafs man sie einem beträchtlichen Grade von Kälte ausgesetzt, oder sie in Blasen zusammengedrückt hatte, vollkommen wieder hergestellt wäre, so, dafs Lichter wieder vollkommen so gut, als jemals darin gebrannt hätten. Er habe den Versuch wiederholt, und wirklich gefunden, dafs, wenn die Luft auf die nemliche Art in den Blasen zusammengedrückt werde, wie dieses der Graf *v. Salucc*, von dem sich die Beobachtung herschreibe, ge-

than habe, auch der angegebene Erfolg eingetroffen sei. Da er aber aus zureichenden Gründen den Blasen nicht getrauet, so habe er die Luft in einem gläsernen Gefäfse, das in Wasser stand, zusammengedrückt, und gefunden, dafs der in dieser Absicht angestellte Versuch gar nicht von Statten gegangen sei. Er habe hierauf die Luft noch stärker zusammengedrückt, und sie noch weit länger in diesem Zustande, als der Graf erhalten, doch ohne dafs er in ihr habe die geringste Veränderung bewirken können. Auch habe er bemerkt, dafs selbst ein gröfserer Grad von Kälte, als der, den jener angewandt habe, auch wenn man dieselbe länger darauf wirken lasse, als der Graf, schlechterdings nichts zur Wiederherstellung dieser Luftart habe beitragen können: denn wenn er auch einige damit angefüllte Flaschen eine ganze Nacht in sehr starkem Froste habe stehen lassen, ja auch, wenn er sie in eine Mischung von Schnee und Salz gesetzt habe, sie doch in aller Rücksicht noch wie vorher geblieben sei. Man habe ferner in den Turiner Nachrichten auf der 41sten Seite behauptet, dafs die Hitze einzig und allein, als das entgegengesetzte von der Kälte, die Luft zur Erhaltung der Flamme untüchtig mache. Als er aber den von dem Grafen zum Belege dieses Satzes augestellten Versuch wiederholt habe, so habe er nicht im geringsten eine ähnliche Wirkung erhalten. Auch habe er sich hiebei erinnert, dafs er schon vor einigen Jahren unter eine luftleere Glocke durch eine glühende Glasröhre Luft habe gehen lassen, und gefunden habe, dafs ein Licht vollkommen gut in ihr gebrannt habe.

An einem andern Orte (Versuche und Beobachtungen über verschied. Theile der Naturl. B. I, aus dem Engl., Wien und Leipzig 1780, p. 320 erzählt er, er habe atmosphärische Luft, in einer hermetisch versiegelten Glasröhre eingeschlossen, acht Tage lang im warmen Sande stehen gehabt, wobei sie weder in ihrem Volumen, noch in ihrer Eigenschaft von der Salpeterluft vermindert zu werden, verändert worden sei.

3. Einflufs der Wärme der Luft auf den Schaall in derselben.

Dem Hofrath *D. Bianconi* fiel es auf, dafs nach dem Zeugnisse fast aller Gelehrten, welche Versuche über die Fortpflanzung des Schalls in der atmosphärischen Luft angestellt hatten, die Wärme und Kälte der Luft keinen Abänderungen in der Schnelligkeit dieser Fortpflanzung bewirken sollten (vergl. Luft und Schall), da doch dadurch die Dichtigkeit der Luft folglich ihr Wiederstand so sehr verändert werde. Er entschlofs sich deshalb im Sommer des Jahres 1740, Versuche hierüber anzustellen. Die beiden Orte, die er sich zu der Messung der Schnelligkeit des Schalles auswählte, war die Festung Urbana, und ein 30 italiänische Meilen nach Westen hin davon entferntes Kloster, aus welchem man die Festung genau sehen konnte. Er erhielt die Erlaubnifs, dafs

man auf sein Verlangen in der Festung zu bestimmter Zeit, so viel Kanonen, als er für nöthig erachte, abfeuern sollte. Es wurde die Nacht vor dem 19 August zu dem Versuche ausgesetzt, und er begab sich mit einem wohl eingerichteten Pendel versehen, samt einigen Freunden, gegen Abend in das Kloster. Man wartete da, bis man den Schein der ersten in der Festung abgefeuerten Kanone beobachtete, da man denn sogleich an dem Pendel die Sekunden bemerkte, welche vorbeistrichen, bis der Schall zu ihren Ohren kam, welches mit der 76sten Sekunde geschah. Denselben Versuch wiederholte man 4 Mal hinter einander, und beobachtete immer einerlei Geschwindigkeit des Schalls. Der Himmel war diesen Abend völlig heiter, und der Wind nicht merklich zu bemerken, ausser dafs es schien, als ob man ein gelindes Hauchen von Norden her bemerkte. Das Barometer stand auf 28 Zoll 1 Linie, und das Reaum. Thermometer auf + 28. Im folgenden Winter wiederholte B. den Versuch in der Nacht vor dem 7 Februar in eben diesem Kloster; man fing, da man das Feuer der in der Festung gelösten Kanonen wahrnahm, wieder an, an demselben Pendel, welcher bei den Sommerversuchen gewählt war, die Sekunden zu zählen, die vorbei strichen, bis man den Schall vernahm, welches jetzt mit der 78$\frac{1}{2}$ Sekunde erfolgte, und dieses beobachtete man in den vier folgenden angestellten Versuchen eben so. Der Himmel war in dieser Nacht nicht völlig heiter, sondern hin und wieder mit einigem Gewölke bedeckt; einige Stunden vorher war ein kleiner Schnee gefallen, wobei zugleich ein ziemlich starker Abendwind zu spüren war. Das Barometer stand auf 27 Zoll 6 Linien, und das erwähnte Thermometer auf 1$\frac{2}{15}$ Grad unter dem Eispunkte. Hieraus schien sich zu ergeben, dafs die Geschwindigkeit im Sommer und im Winter allerdings verschieden ausfällt. Um nun zu prüfen, wie viel die neblichte Beschaffenheit der Luft etwa zu dem Erfolge dieser Versuche beitragen mögte, so stellte er auch hierüber Versuche an. Da aber der Nebel das Bemerken des Feuers der Kanonen verhinderte, so verfuhr er hiebei folgendermafsen: Er liefs am 12. Febr. eine ziemlich starke Kanone in das gedachte Kloster bringen; er selbst gieng aber in die Festung. Einige seiner Freunde, die im Kloster waren, fiengen beim Losbrennen ihrer Kanonen an, die Sekunden an dem gewöhnlichen Pendel zu zählen, er aber war in der Festung aufmerksam, die daselbst in Bereitschaft stehenden Kanonen sogleich bei Vernehmung des Knalls abfeuern zu lassen, und gleichfalls auf das Zeitmafs Acht zu haben. Man zählte indessen in dem Kloster so lange, bis man den Knall von der in der Festung gelösten Kanone hörte, und dieses wiederholte man 4 Mal; jedes Mal verstrichen 157 volle Sekunden, ehe man den Schall aus der Festung im Kloster bemerkte; die gegen einander gehaltenen Rechnungen waren in keinem Falle über 3 Sekunden unterschieden, welche Zeit er für die hält, die verstrich, ehe man die

Kanone in der Festung losbrennen konnte. Die Luft war diese Nacht hindurch mit sehr starkem Nebel erfüllt, übrigens aber ruhig; das Barometer stand auf 28 Zoll 4 Linien, das Thermometer auf 0. Man soll nun nach ihm von den 157 Sekunden den Unterschied der 3 Sekunden, die beim Abschiessen der Kanonen verloren gegangen, abziehen, und die erhaltene Summe theilen, um durch die übrig gebliebenen 77 Sekunden die Zeit zu erhalten, binnen der der Schall den Zwischenraum vom Kloster bis zur Festung durchlief, woraus man schliessen könne, dafs die neblichte Beschaffenheit der Luft keine grofse Abänderung in der Geschwindigkeit des Schalles hervorbringe; denn wenn diese gleich bei diesem Versuche um anderthalb Sekunde gröfser, als im vorigen ausfalle, so habe man hiebei doch zugleich zu beachten, dafs sich die Kälte bei dem letzten Versuche um ein merkliches vermindert habe.

Daniel Bernouilli sagt: (in den *Mém. de Mathemat. et de Physiques de l'Académie à Paris, an.* 1762, *Paris* 1764, *p.* 456) die Wärme verändere sowohl die Beschaffenheit des Tons in der atmosphärischen Luft, als die Geschwindigkeit desselben: die Kälte verdichte die Luft, ohne ihre Elasticität zu verändern; dadurch werde der Ton der Röhren niedriger, und die Schnelligkeit desselben aufgehalten; die Wärme bewirke gerade das Gegentheil. In unsern Climaten verändern sich die Dichtigkeiten der Luft durch die gröfste Kälte und gröfste Wärme im Iahre im Verhältnisse von 8 : 7 oder 9 : 8. Diesem sei es zuzuschreiben, dafs die Orgelpfeifen ohngefähr einen halben Ton niedriger in der grofsen Winterkälte, als in der grofsen Sommerhitze sein würden, ohne dafs indessen das Verhältnifs der Töne dadurch im Geringsten verändert werde. Die Organisten bemerken diese Abweichungen wohl, aber sie glauben nicht, dafs die Abweichungen ganz bis auf einen halben Ton gehen können; auch er sei ihrer Meinung, weil er glaube, dafs die Veränderung der Temperatur nicht ganz so grofs in den Kirchen, als in der freien Luft sei.

Luft, Licht und Wärme.

α. Unbestimmtere Thatsachen.

(Der Einflufs der Wärme auf die Strahlenbrechung in der Luft ist in der Geschichte der Arbeiten über die Bestimmung der Gröfse der Strahlenbrechung bei Licht und Luft angeführt.)

Reynier sagt: (*du Feu etc., à Lausanne et à Paris* 1787, *p.* 247) die Luft habe unter allen Substanzen die gröfste Verwandtschaft zum Feuer.

Marat bemerkt (physische Untersuchungen über das Feuer, a. d. Franz. von Weigel, Leipzig 1782, p. 53), bläset man im verdunkelten Zimmer Luft gegen eine glühende Kugel, so sieht man, daſs sich beim schwächsten Zublasen Wellen der feurigen Flüssigkeit mit Gewalt hin und her bewegen. Je gröſser das Gegengewicht ist, welches die Luft der ausdehnenden Kraft der feurigen Flüssigkeit entgegensetzt, desto weniger kann die feurige Flüssigkeit verfliegen; je mehrere Schnellkraft anderntheils die Luft besitzt, desto kräftiger sind die Stöſse, welche unsere Flüssigkeit von derselben erhält, und desto schneller ihre Bewegung. Daher brennen die verbrennlichen Körper desto besser, je kälter die Luft ist, und je öfter der Dunstkreis des Brennpunkts erneuert wird. 1) Daher hält sich ein Feuerbrand länger im Winter, als im Sommer, bei Nacht, als bei Tage, im Schatten, als in der Sonne.

β Ausbreitung der Flamme in der Luft.

Lambert sagt, die Flamme brenne in der Luft eben nicht geradlinicht auf, und wenn sie irgendwo anschlage, so wölbe sie sich im Zurückprellen mit einer sehr sichtbaren Ründung. Sie müsse als eine flüssige Materie angesehen werden, die nach den Wendungen, die man ihr gebe, fortströme, und wo der Ein- und Rückfallswinkel nur diene, um überhaupt ihre Richtung zu bestimmen. So fern aber die Feuertheilchen sich von der Flamme, so wie auch von der Glut, losmachen, fahren sie in ziemlich gerader Richtung durch die Luft, und da komme dann der Ein- und Rückfallswinkel genauer vor. Wenn man demnach nicht nur die Flammen, sondern auch diese seitwärts von derselben und der Glut wegfahrenden Feuertheilchen in einen engern Raum zusammen bringen, und dadurch die Hitze verstärken wolle, so komme der Ein- und Rückfallswinkel aus beiden Gründen in Betrachtung, und habe den widersinnig scheinenden Erfolg, daſs man den Raum um die Flamme und das Feuer herum anfangs erweitern müsse, ehe man ihn enger zusammen ziehe. Man setze, das Feuer brenne auf A B, Fig. 11, Taf. XVIII, und man wolle dem Ofen nach den Linien A D, B C verengern, damit die Flamme und alle Hitze in D C zusammen komme, so wird zwar die Flamme, weil sie immer nach der Höhe steigt, in D C kommen, hingegen wird sie nun in Ansehung der seitwärts ausfahrenden Feuertheilchen ihres Zweckes gröſstentheils verfehlen. Denn so z. B. treffen die aus P nach M fahrenden Feuertheilchen in M senkrecht auf, und prellen wieder nach M zurück. Auch die nach P N ausfahrenden Feuertheil-

1) *Weit deutlicher und weniger gesucht erklärt sich dieses Phänomen so: Ist die Luft kälter, so ist sie dichter, enthält folglich mehr Sauerstoffgas (feuerunterhaltendes) in gleichem Volumen; wird die Luft des Dunstkreises erneuert, so wird neues Sauerstoffgas zugeführt; aus beiden Ursachen muſs daher der Körper besser brennen.* v. S.

chen prellen nach Q, und von Q wieder zurück. Giebt man z. B. dem Ofen die Gestalt A F E D C B, Fig. 12, Taf. XVIII, so, daſs die Hitze des auf A B brennenden Feuers, und dessen Flamme, so viel möglich in den engen Raum E D zusammen kommen soll, so müssen die Seiten A F, F E, B C, C D als Spiegel angesehen werden. Nun haben die Planspiegel die Eigenschaft, daſs das Bild des Feuers eben so weit hinter denselben ist, als das Feuer vor denselben steht, und daſs die Strahlen nach solchen Richtungen von denselben zurückfallen, als wenn sie aus dem Bilde herkamen. Selbst das Bild in dem einen Spiegel hat sein Nachbild in dem andern, und eben so lasen sich zweite, dritte etc. Nachbilder denken.

Auf diese Art sind demnach A B, A′ B′, B a, B″ A″ die Bilder des Feuers hinder den Spiegeln A E, F E, B C, C D. Ferner ist b α das Nachbild des B á, und a β das Nachbild des Bildes A b. Und eben solche Nachbilder sind B′ a′, b′ a′, B″ a″, A″ b″. Endlich sind α′ β′, b′ a′, b″ a″, α″ ″ zweite Nachbilder, nemlich Nachbilder von den Nachbildern b α, a β. Weiter war es unnöthig, Nachbilder zu zeichnen, weil die Wärme nach zweimaligem Zurückprallen schon sehr geschwächt ist, und weil, wenn die Feuertheilchen nach dem Zurückprallen in die Flamme treffen, sie von derselben mit fortgerissen werden, besonders, wenn ohnehin schon ihre Richtung aufwärts geht.

Setzt man nun, daſs von einem beliebigen Punkte P Feuertheilchen nach R ausfahren, so prallen sie von R zurück, als kämen sie aus dem Bilde w des Punkts P. Eben so werden die aus P nach M fahrenden Feuertheilchen den Weg M N Q nehmen, als wenn sie aus dem Bilde p und dessen Nachbilde π herkämen. Die Einfallswinkel, besonders der gerade auffallenden Strahlen sind bei dieser Figur gröſstentheils sehr schiefe, und dieses trägt dazu bei, daſs desto mehr Wärme zurückprallt, und der Hitze, die man in E D verstärkt erhalten will, zu Gute kömmt. So viel man aus allen zwischen E D liegenden Punkten Linien nach dem Feuer in A B, dessen Bildern A b, B a, A′ B′, B″ A″ und deren Nachbildern ziehen kann, nach eben so vielen Richtungen kömmt auch Wärme in E D. Nur geben die Bilder weniger, als das Feuer selbst, und die Nachbilder weniger, als die Bilder. Die Summe wird aber dessen ohngeachtet beträchtlich, zumal da auch die Flamme, so an F E, C D anschlägt, sich ganz in E D zusammen zieht. Ründet man übrigens die Ecken in A, B, C, D, E, F etwas ab, so sieht man, daſs die Figur eiförmig wird, und mit der elliptischen Wölkung viele Aehnlichkeit erhält. 1) (Lambert's Pyrometrie, p. 228.)

Herbert

1) Lambert macht hiebei noch folgende näher technische Bemerkung: Da man aus den angeführten Gründen, selbst in denen Fällen, wo man die Hitze der Flamme in einen engern Raum vereinigen wolle,

Herbert führt (*Dissertat. de igne, p.* 174) führt an, in freier Luft werde eine Flamme immer eine konische Figur haben; sie werde aber, wenn man ein Licht unter die Glocke einer Luftpumpe stelle, und die Luft auspumpe, rund werden. Kurz vorher, ehe das Licht durch Auspumpen der Luft erlöschen werde, werde es eine völlig sphärische Figur haben. *Marat* (phys. Unters. über das Feuer, a. d. Franz. v. Weigel, Leipzig 1782, p. 234) erzählt folgende Versuche: Unter einer gläsernen Glocke sieht man die Flamme nach einigen schwachen Zügen mit dem Stempel eine regelmäſsige kegelförmige Gestalt annehmen, die sie einen Augenblick behält; dann wird sie kürzer, rund, und endigt sich mit einer Spitze. Stellt man ein Licht unter diese Glocke, welches abgeschneuzt zu werden bedarf, so wird die Flamme oft vom Tochte abgelöſst, und steigt in die Höhe, und zwar immer um desto geschwinder, je schneller man die Ausleerung bewirkt hat. Wenn ein Licht unter einer auf ihrer Unterlage fest sitzenden Glocke erloschen ist, so sieht man einen senkrechten Strom von Rauch aufsteigen, welcher sich, nachdem er unter die Wölbung gestoſsen hat, ausbreitet, und in verschiedenen wellenförmigen Fäden niedersinkt. Von diesen Fäden bewegen sich die, welche sich oberhalb der Gegend verbreiten, welche die Flamme einnahm, in Wirbel; die übrigen sinken längs den Wänden hinunter, und wenn sie unten angekommen sind, so sammeln sie sich daselbst an, und steigen nicht wieder in die Höhe, wenn man die Luft auch langsam wieder hinein läſst. Der Versuch gelingt nach M. besser, wenn das Licht geschneuzt zu werden bedarf, weil alsdann mehr russiger Stoff vorhanden ist. In dem verfinsterten Zimmer beobachtete er, daſs in dem Maaſse, wie das Feuer des Tochtes verlöscht, der Rauch langsamer, und nicht so hoch hinauf steigt. Ferner bemerkt er, man sehe die feurigen Ausflüsse eines glühenden Körpers immer desto langsamer in die Höhe steigen, je mehr seine Hitze abnehme, und die, welche aus der Flamme hervorschieſsen, minder schnell steigen, wenn man die brennenden Körper unter ihr wegnehme.

derselben anfangs mehr Raum geben müsse, so werde dieses um so nothwendiger, wo man sie wirklich verbreiten wolle, wie es z. in den Kaminen geschehe, wo die Hitze des Eeuers sich durch das Zimmer verbreiten solle. Gouyer schlage daher in seiner *Mechanique du Feu* mit gutem Grunde vor, daſs man dem Heerde der Kamine nicht die rechtwinklichte Figur a B C d, Fig. 13, Tafel XVIII, sondern die gegen das Zimmer erweiterte A B C D geben solle. Wenn er übrigens sage, es würde gut sein, den Seiten A B D C eine parabolische Wendung zu geben, so sei dieses ein sehr erheblicher Umstand. Die Wände werden eben nicht spiegelglatt gemacht, und der Brennpunkt der Parabel sei ein einzelner Punkt, da hingegen das Feuer gewöhnlich auf der ganzen Länge B C brenne. Man behalte übrigens die Wahl, die Ecken in B, C etwas abzuründen.

γ. Innere Veränderungen, die Luft und Flamme bei gegenseitiger Einwirkung erleiden.

Wenn unter eine gläserne Glocke eine brennende Kerze gebracht wird, so verlöscht die Flamme gar bald, die Luft, welche mit der Kerze zugleich eingeschlossen wurde, erleidet in Ansehung ihres Volumens eine Verminderung, und ist nun zur Erhaltung einer andern in sie gebrachten Flamme untauglich, daher verlöschen darin Lichter und brennende Kohlen zugleich. (Fischer's phys. Wörterb. B. II, p. 490.)

Mallebranche sagt: (*Mém. de Mathematique et Physique*, *an.* 1699, p. 34) obgleich die Luft nicht nöthig sei, einen kleinen Feuerfunken hervor zu bringen, so werde doch beim Mangel der Luft das Feuer sogleich ausgelöscht, und könne sich dabei selbst nicht einmal dem leicht entzündlichen Schiefspulver mittheilen. Wenn man eine mit Zündpulver wohl versehene Pistole in dem Recipienten der Luftpumpe losdrücke, so werde das Zündpulver nicht entflammt, und es sei selbst sehr schwierig, einen Funken dabei zu bemerken. Endlich sei es allgemein bekannt, dafs beim Mangel der Luft das Feuer verlösche, und durch Hinzublasen derselben sich entflamme.

Auch *Reaumur* führt an, (a. a. O. an. 1722, p. 147) die Flamme könne sich nicht in der Luftpumpe, deren Luft ausgepumpt sei, erhalten; man könne aber auch durch eine Bewegung der Luft dieselbe auslöschen. So z. B. entflamme man das Holz, wenn man an die Feuerbrände blase, lösche aber auch ein Licht und noch stärkere Flammen aus, wenn man auf sie losblase.

Junker führt (*Conspectus Chemiae*, Th. I, Halle 1794, p, 220) an, die Luft müsse zum hellen und flammenden Feuer nothwendig beitreten, sie verstärke, verringere und verändere die Wirkung des Feuers, so, dafs die grofse Macht des Feuers, womit es die Körper zu zerstören scheine, mehr der Kraft der damit verbundenen Luft, als der eigentlichen feurigen Bewegung an und für sich selbst zuzuschreiben sei.

Nach *Lehmann* (Probierkunst, Berlin 1761, p. 20) ist der Beitritt der Luft zur Unterhaltung des Feuers unumgänglich nöthig, und je mehr dieselbe verdichtet werden kann, desto mehr verstärkt sie nach ihm die Kraft des Feuers.

Hanow sagt (Versuche und Abhandl. der naturf. Gesellschaft in Danzig, Th. III, Danzig und Leipzig 1756, p. 476), so wie ein Mensch sterben müsse, der vermauert oder sonst in einen so engen Raum eingesperrt werde, dafs er keine frische Luft mehr bekommen könne, eben so gehe auch ein brennendes Licht aus, wenn keine frische Luft hinzu könne, indem es vermöge der Beobachtungen eben so viel Luft verzehre, als ein lebender Mensch. Nehme man

also eine Röhre, deren Gehalt von Luft man berechnet habe, nach Abziehung des Raums, den das Licht in ihr einnehme, und beobachtete es von der Zeit an, da die Flamme oben die Mündung erreicht oder eingenommen habe, so könne man zählen, wie viel Minuten und Pulsschläge verlaufen, bis es ausgehe. Alsdann könne man aus der Breite der Flamme und dem Vorrathe der Luft die Zeit berechnen, in der die eingesperrte Luft untüchtig werde, weiter eine Flamme zu unterhalten, oder worin das Brennen aufhören muſs. Auf gleiche Weise werde sich nachher finden lassen, wann bei einer gröſsern Flamme, Glut und Menge der gesperrten Luft auch das Ende des Brennens erfolgen müsse. Auch bemerkt er, es sei aus den Versuchen mit der Luftpumpe längst bekannt, daſs unter der Glocke der Luftpumpe das brennende Licht sehr bald ausgehe.

Marat (physische Untersuchungen über das Feuer, aus dem Französischen von Weigel, Leipzig 1782, p. 123) bemerkt, das Feuer bedürfe der Luft, ohne dieselbe könne es weder angezündet noch unterhalten werden, denn kein verbrennlicher Körper fange je an zu brennen, wenn sie ihn nicht berühre, und wenn einige Körper von diesem Gesetze eine Ausnahme zu machen scheinen, so geschehe es nur, weil sie die zu ihrem Abbrennen nothwendig erforderliche Luft in sich enthalten. Die verbrennlichen Körper brennen nicht allein nicht ohne den Beitritt der Luft, sondern sie verlöschen; so z. B. verlösche die glühende Kohle schnell im leeren Raume; glühendes Eisen werde sogleich abgelöscht, wenn man es in Aether tunke, brennendes Wachs, Pech, Harz verlöschen im Augenblick, indem sie in ein wesentliches Oel getunkt werden; endlich verlösche brennendes Holz plötzlich in geschmolzenen Metallen.

Kries führt (Euler's Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre; teutsch durch Kries, B. III, Leipzig 1794, p. 213) an, in einem verschlossenen Zimmer, wo die frische Luft wenig Zugang finde, fangen Lichter sehr bald an, dunkel und matt zu brennen; hingegen in einem groſsen Saale voll frischer Luft brennen sie mit einem lebhaften Glanze. Gleichwohl könne man auch in einem geräumigen Tanzsaale bemerken, daſs die Lichter je länger, je dunkler werden, weil die Luft durch das Athmen so vieler Personen und das Brennen so vieler Lichter verderbt werde. Durch Blasen, besonders mit einem Blasebalge, könne man ein schon halb erstorbenes Feuer von Neuem erwecken und beleben, und eine groſse Glut hervorbringen. Durch das Blasen aber werde nichts anders bewirkt, als daſs dem brennenden Körper beständig neue Luft zugeführt, und in das Innere desselben hinein getrieben werde. Ein Feuer auslöschen heiſse nichts anders, als die Luft davon abhalten. So gehe das Feuer in dem Ofen aus, wenn man ihn ganz zumache; in einem Schornsteine höre es auf zu brennen, wenn die obere Oeffnung verstopft werde, weil

alsdann die Luft oben nicht heraus kommen, und also auch keine neue von unten an ihre Stelle treten könne; der glühende Tocht in der Lichtscheere erlösche desto schneller, je fester man dieselbe zusammen drücke, und selbst die Wirkung des Wassers auf brennende Körper bestehe zum Theil darin, dafs es sich so dicht um diese anlege, dafs sie vor der Berührung der Luft geschüzt werden.

Auch *Cavallo* bemerkt, (Abhandl. über die Natur und Eigenschaft. der Luft etc., aus dem Engl., Leipzig 1783) zur Verbrennung sei die Gegenwart guter Luft durchaus nothwendig; setze man ein brennendes Licht unter eine verschlossene Glocke, so lösche es früher oder später aus, je nachdem weniger oder mehr Luft in der Glocke enthalten, und das Licht gröfser oder kleiner sei. Natürlich folge hieraus, dafs ein Licht in etwas verdünnter Luft eine kürzere Zeit, und im leeren Raume gar nicht brenne. 1) In der Luft, sagt er, (a. a. O. p. 19) brennen die Körper leicht, indessen werde sie nach einiger Zeit unfähig zur weitern Unternaltung des Verbrennens, und das Feuer verlösche, wenn die Luft nicht erneuert werde. Hieraus erhelle, warum der Wind, der in einer beständigen Erneuerung der Luft bestehe, das Feuer befördere; auch warum das Feuer nicht stark brenne, wenn die Luft schon einige Zeit zur Verbrennung gedient habe, und warum es verlösche, wenn man Luft, die schon zur Verbrennung gebraucht sei, durch ein Rohr oder auf andere Art darauf blase.

Schon *J. B. van Helmont* (*Ortus medicin.*, p. 84) hatte gesehen, dafs, als er eine Kerze brennend so unter ein Glas setzte, dafs sie drei Zoll über dem Wasser stand, das Wasser sich hinauf zog, die Stelle der abnehmenden Luft einnahm, und endlich das Licht verlosch. 2) Auch *R. Boyle* (*Works, B. III, p.* 466; *Suspicions about the hidden qualities of the air*) hatte sich durch Versuche überzeugt, dafs die gemeine Luft, ohne ihre Schnellkraft zu verlieren, durch Körper, die darin brennen, vermindert oder verdorben wird.

Johann Mayow (chem. physiologische Schriften, aus dem Lateinischen von Köllner, Jena 1799, p. 11) sagt hierüber Folgendes: Fürs erste glaube

1) Er bemerkt, dafs, um Versuche über das Feuer und die Verbrennung im „luftleeren Raume" (unter der Luftpumpenglocke) anzustellen, die beste Methode Körper unter der Glocke zu erhitzen, sei, dafs man den Brennpunkt einer Glaslinse auf diese Körper fallen lasse. In dieser Absicht müsse man Brenngläser von verschiedener Gröfse bei der Hand haben, weil die Sonne zuweilen schwächer, als sonst scheine, wodurch ein gröfseres Brennglas nöthig werde Inzwischen sei auch ein einziger grofser Hohlspiegel, oder noch besser eine grofse und gute Glaslinse hinreichend; denn wenn man nur eine geringe Hitze nöthig habe, so könne man einen Theil der Linse bedecken; auf diese Art könne ein grofses Brennglas an Statt eines kleinen dienen, nur mit dem Unterschiede, dafs es sich nicht so bequem behandeln lasse, da hingegen ein kleines Glas nie die Stelle eines grofsen vertreten könne.

1) Er glaubte hiedurch bewiesen, dafs die gemeine Luft von Körper, die darin verbrennen, sowohl am Umfange, als an Güte sehr abnehme.

ich, daſs man das, was die Boylischen Versuche ausser Zweifel gesetzt haben; zugeben muſs; daſs nemlich etwas Luftartiges, was es auch sei, zur Entstehung des Feuers nothwendig ist. Diesem zu Folge ist es ausgemacht, daſs ein im luftleeren Raume angezündetes Licht weit schneller auslöscht, als in einem mit Luft ausgefüllten; zum sprechendsten Beweise, daſs eine im Glase eingeschlossene Flamme nicht sowohl durch ihren eigenen Dampf, wie es einigen dünkte, als vielmehr durch die Beraubung des zur Unterhaltung derselben nothwendigen luftartigen Bestandtheils auslöscht. Denn da in einem luftleeren Glase mehr Raum zur Aufnahme des Rauches ist, als in einem mit Luft erfüllten, so müſste ja das Licht in diesem eher, als in jenem auslöschen, wenn der Rauch die Ursache der Auslöschung wäre. Noch mehr: keine schwefelartige unter ein luftleeres Glas gebrachte Materie, kann weder durch glühende Kohlen und glühendes Eisen, noch durch die Sonnenstrahlen vermittelst des Brennspiegels angezündet werden; so daſs es ganz ausser allem Zweifel ist, daſs gewisse Lufttheilchen zur Entstehung des Feuers nöthig sind. Es ist allerdings meine Meinung, daſs dieselben an der Entstehung des Feuers den vorzüglichsten Antheil haben, daſs die Gestalt der Flamme von denselben, wenn sie in die schnellste Bewegung gerathen, vorzüglich abhänge. Man darf aber nicht glauben, daſs dieses feuerluftige Nahrungsmittel die gemeine Luft selbst sei; sondern sie ist nur der feinere und wirksamere Theil derselben, weil ein Licht, welches in einem Glase eingeschlossen ist, verlöscht, ohngeachtet noch eine beträchtliche Menge Luft in demselben vorhanden ist. Auch kann man nicht annehmen, daſs die Lufttheilchen, welche im genannten Glase vorhanden waren, durch die Verbrennung des Lichts vernichtet oder zerstreut würden, da sie durch das Glas auf keine Weise durchgehen können. 1) Noch führt er

1) Daſs hieraus aufs Deutlichste erhellt, daſs *Mayow* den Sauerstoff der Neuern in vielen Hinsichten kannte, und daſs *Lavoisier's* Theorie des Verbrennens schon groſsentheils die seinige war, ist fast überflüssig zu bemerken. Aufs Unzweideutigste spricht er seine Meinung p. 95 (a. a. O.) aus, wo er sagt: er nehme an, daſs die Luft einige zur Entstehung des Feuers durchaus nothwendige Theile enthalte, und daſs diese bei dem Verbrennen aus der Luft entweichen und verzehrt werden, so, daſs sie, wenn sie dieser Theile beraubt sei, das Feuer in Zukunft zu unterhalten, gänzlich untauglich werde. Ferner sagt er p. 96: Es ist wahrscheinlich, daſs sich die Luft der Flamme beimischt, weil sie ihr als Unterhaltungsmittel dient, so, daſs es keinen Theil derselben giebt, in welchem sich nicht ein wenig Luft befinden sollte.

Wenn ich in Anmerk. zu diesem Artikel die Meinungen verschiedener Autoren über die Ursachen der Phänomene beim Brennen der Flamme in atmosphärischer Luft anführe, so geschieht dies nicht, weil ich hier die Geschichte der Hypothesen über den Verbrennungsprozeſs liefern will, — diese bleibt den Noten zu dem Artikel im zweiten Theile

er (a. a. O. p. 95) an, man müsse vor allen Dingen bemerken, was Niemanden unbekannt sei, dafs, wenn über einen Tiegel, worin Feuer befindlich sei, eine Haut befestigt werde, die Flamme bald auslösche, und der in dem Tiegel eingeschlossene Raum beinahe leer werde. Daher komme es, dafs die Haut in die Höhle des Tiegels durch den Druck der sie umgebenden Luft geprefst werde. Ferner beschreibt er, um das, was beim Brennen des Lichts in der Luft vorgeht, anschaulich zu machen, folgenden Versuch: Man stelle ein angezündetes Licht so ins Wasser, dafs der brennende Tocht ohngefähr 6 Queerfinger breit über dem Wasser hervorragt, alsdann stürze man über das Licht einen gläsernen umgekehrten Kolben, der hoch genug ist, und tauche hierauf das Licht sogleich in das umstehende Wasser. Man mufs aber dafür sorgen, dafs die Oberfläche des in dem Glase befindlichen Wassers der Höhe des äufsern Wassers gleich bleibe. Damit aber dieses geschehe, so bringe man einen Schenkel eines krumgebogenen Röhrchens in die Höhle des Kolbens, ehe man ihn ins Wasser taucht. Den andern Schenkel lasse man herausragen, und ordne alles so, dafs das Ende beider Schenkel sich über der Oberfläche des Wassers befindet. Der Nutzen dieser Röhre ist, dafs die im Helme eingeschlossene, und von dem unter ihr befindlichen Wasser geprefste Luft, wenn dieses Glas ins Wasser gesenkt wird, durch die Röhre hinaus gehen kann; so, dafs das inwendige Wasser nicht unterhalb der Oberfläche des äussern zu stehen komme, und wie sonst von demselben niedergedrückt werde. Sobald aber die Luft durch diese Röhre heraus zu gehen aufhört, (was fast nach einem Augenblicke der Fall ist) so nehme man sogleich die Röhre heraus, damit nachher durch dieselbe keine Luft in das Glas dringe. Nach diesen Vorkehrungen halte man den Kolben fest, damit das Wasser nicht höher steige. Bald darauf wird man das Wasser in die Höhle des Kolbens, während noch das Licht brennt allmählig heraufsteigen sehen. 1) Ein anderer Versuch von ihm ist folgender: Man

„Körper (im Allgemeinen) und Feuer" — aufbehalten, sondern weil es mir nicht undienlich scheint, die Gelegenheit hier zu benutzen, auf die wichtigsten Data dieser Geschichte in Voraus hinzuweisen.

1) Er bemerkt hiebei, man könne nicht läugnen, dafs das Aufsteigen des Wassers daher rühre, dafs die in dem Kolben eingeschlossene Luft, in dem die Luft erlöschen will, von den Theilchen des *Spiritus nitri aethereus* (= luftförmige Substanz im Salpeter, = Sauerstoff) weniger, als vorher bewegt, und dadurch verdünnt werde. Man dürfe übrigens das Aufsteigen des Wassers dieser einzigen Ursache nicht allein zuschreiben, weil es auch daher rühre, dafs das im Glase eingeschlossene Licht durch sein Verbrennen die Sauerstoffstheilchen, und die elastischen Theilchen wegnehme, so, dafs die daselbst befindliche Luft dem Drucke der Atmosphäre nicht, wie vorher, widerstehen könne. Zur mehreren Bestätigung hievon führt er den im Texte folgenden Versuch an.

hängt irgend eine brennbare Materie, die sich leicht entzündet, in einen umgestürzten dazu schicklichen Kolben (er selbst pflegte ein Stückchen Kampfer, woran etwas Zunder befestigt war, der in flüssig gemachten Schwefel eingetaucht worden, dazu zu gebrauchen), ohngefähr 10 Finger breit, so ins Wasser ein, daſs das im Glase befindliche Wasser mit dem äuſsern gleiche Höhe hat; welches vermittelst eines vorher beschriebenen gekrümmten Röhrchens sehr bequem geschehen kann. Alsdann schöpft man das den Kolben aussenher umgebende Wasser so weit heraus, daſs die Höhe des innern Wassers über die des äussern hervorragt, damit man es desto besser beobachten kann. Oder man bringe diesen Kolben in ein anderes kleines Gefäſs, das nicht so tief ist, aber doch die Mündung des Kolbens aufnehmen kann; hierauf setze man dieses mit Wasser gefüllte kleine Gefäſs nebst dem in ihm befindlichen Kolben in ein schickliches groſses Gefäſs, das fast voll Wasser ist, und so lasse man den Kolben stehen, bis die durch das Berühren mit den Händen erwärmte Luft sich wieder bis in den vorigen Zustand verdichtet hat. Alsdann bezeichne man die Höhe des innern Wassers hie und da an den Seiten des Glases mit kleinen Stückchen Papier, die man vermittelst eines aus Gerstenmehl bereiteten Kleisters ankleben kann. Nun setze man diesen Kolben der Sonnenhitze aus, und zünde den darin verschlossenen Kampfer, oder jede andere genommene brennbare Materie durch den Brennspiegel an, indem man den vorher erwähnten mit Schwefel überzogenen Zunder, welcher unter der brennbaren Materie angebracht ist, zuerst entzündet. Hierauf wird man wahrnehmen, daſs das innere Wasser, wegen der bewegten Feuertheilchen und der Verdünnung der Luft, inwendig in die Höhe steigt. Nachdem die Kerze ausgelöscht ist, nehme man den Kolben nebst dem kleinen Gefäſse, worin er steht, aus der Sonnenhitze weg, damit die in ihm eingeschlossene Luft wieder erkalte, und wieder in den vorigen Zustand zurückkehre. Auf diese Art findet man, daſs das innere Wasser über dem vorher bemerkten Standpunkte desselben steht. Er will nach angestellter Berechnung gefunden haben, daſs die Luft durch das Volumen der Kerze ohngefähr in einen 30 Mal kleinern Raum, als vorher gebracht wurde. Als der Rauch, von der verbrennenden Kerze, wovon der Kolben voll war, ganz vergangen, und das Glas inwendig eben so durchsichtig, als vorher war, so versuchte er zum zweiten Male die Kerze in demselben anzuzünden, indem er die Sonnenstrahlen wie das erste Mal auf eine andere Portion Kampfer, die er auf eine gleiche Weise in demselben Glase aufgefangen hatte, fallen lieſs. Der Versuch gelang aber nicht. 1) Damit aber Niemand ihm einwerfen könne,

1) Welches ihm Beweiſs ist, daſs diese Luft durch die Verbrennung der ersten Kerze ihres Sauerstoffgas so beraubt war, daſs sie zur fernern Unterhaltung der Flamme völlig untauglich wurde.

als habe die Kerze das zweite Mal deswegen nicht zur Entzündung gebracht werden können, weil die innern Wände des Glases von dem Rauche der zuerst verbrannten Kerze so beschmutzt gewesen wären, dafs die Sonnenstrahlen durch dieses Glas nicht stark genug hätten durchgehen können; so pflegte er ein Stückchen Papier, etwa einer flachen Hand breit, dessen Ränder er rings herum mit Kleister bestrichen hatte, an die innere Seite des Kolbens, wo die Sonne nstrahlen durchgehen sollten, zu heften. Dieses zog er alsdann, wenn der Rauch völlig vergangen war, vermittelst eines daran befestigten und bis aussen verlängerten Fadens heraus, so, dafs die Sonnenstralen durch diesen Theil des Glases, der vor dem Russe gesichert war, durchgehen konnte.

Weiter sagt er (a. a. O. p. 123) ein Licht lösche im obern Theile einer eingesperrten Luft geschwinder aus, als im untern. *)

Auch den fleissigen *Stephan Hàles* (*Statical Essays, containing negetable Staticks, or an account of some stotical experiments in the sap in vegetables, being andsay towardt a natural history of vegetation, of use tosthose, who are curious in the Culture ondimprovemont of Gardening, etc. also Spebimen of an ottemp, to analyse the air. Lond.* 8, *B. I. third edition* 1783. p. 232-234. *Hales* Statik. der Gewächse, u. s. w. cus den Französischen des Hrn. v. Büffon tins Teutsche übers. und mit einer Vorrede versehn von dem Freiherrn v. Wolff, Halle, 1748. p. 134. ff.)Lehrten seine Versuche, dafs eine Talgkerze von der Luft in der sie brennt, etwas einschluckt 1), dafs die Luft in gleichem Verhältnisse als sie untauglich zur Erhaltung der Flamme sei auch zur Erhaltung des thierischen Lebens unbrauchbar werde 2). Er brachte unter einen mit der Mündung in

*) Dies war ihm ein Grund mit, warum er glaubte, dafs die Theile, die die Luft durch das Verbrennen der Körper in ihr verliere, schwerer, als die zurückbleibenden derselben seien. Was fehlte nun noch an seiner Erklärungsart des Verbrennensprozesses, um ganz die von *Lavoisier* zu sein? Wir haben gesehen, dafs er annahm, dafs die Luft zur Verbrennung durchaus nothwendig sei; dafs sie letzteres nur durch einen sich mit dem brennenden Körper verbindenden Antheil werde, nach dessen Abscheidung sie ihr Vermögen, das Verbrennen zu unterhalten, verliere, und dafs dieser abzuscheidende Theil der schwerste der Luft sei.

1) Er schreibt die dadurch bewirkte nachtheilige Veränderung der Luft nicht dem Verluste eines besonders dienlichen Theils, sondern den schädlichen Ausdünstungen mil denen sie erfüllt wtrd, zu.

2) *Letzteres erhelt sehr deutlich aus einer Uebersetzung seines englischen Manuscripts, worin er Anweisung giebt, die Beschaffenheit der Luft in Hinsicht auf die Zuträglichkeit für Menschen in verschlossenen Orten mit Lichtern zu untersuchen, im Hamburgischen Magazine B. XII. St. 1. p. ff. In dieser Schrift sagt er, er habe*

in Wasser gekehrten Recipienten ein brennendes Licht, welches $\frac{3}{5}$ Zoll im Durchmesser hatte, zog das Wasser mit einem Heber bis zu einer gewissen Höhe im Recipienten, und nahm nun den Heber weg. 15 Sekunden hindurch bemerkte er ein Fallen des Wassers; alsdann erhob es sich, obgleich das Licht fortbrannte, und dadurch noch 3 Minuten lang die Luft erhitzte. Die Wasserfläche stieg aber nicht gleichförmig, einige Mal stand sie gar still, und die Bewegung war bald geschwind, bald langsam; allezeit aber nach dem Maafse des Verdickens der Dünste schneller. Sobald das Licht verlöschte, bezeichnete er die Höhe, bis zu der das Wasser über seinen anfänglichen Standpunkt angestiegen war. Beider Höhen Unterschied „war der Quantität Luft gleich; deren Elasticität durch die Lichtflamme vertrieben war.“ Nach der Auslöschung des Lichts stieg das Wasser über das Zeichen nicht nur bis Alles kalt war, sondern noch 20 bis 30 Stunden nachher. Auf der letzten Höhe blieb es, da er den Apparat in Ruhe liefs, viele Tage stehen. Er wiederhohlte die Erfahrung so, dafs er das Licht unangezündet unter den Recipienten setzte, und darauf durch ein mit Salpeterauflösung und zerflossenen Schwefel getränktes, oder auch nur in Salpeterauflösung gelegenes und getrocknetes, an den Docht gebundenes, und vermittelst eines Brennglases entzündetes Papier entflammte. Er führt hiebei an, dafs der Dr. *Mayow* überhaupt gefunden habe, dafs der Umfang der ausgedehnten Luft um $\frac{1}{10}$ vermindert werde, aber nicht dabei angeführt habe, wie grofs sein Glas, in welches er das entzündete Licht gebracht habe, gewesen sei. In seinem Versuche habe das Glas über dem anfänglichen Wasserstand-

nach mancherlei Versuchen mit Lichtern von verschiedener Gröfse gefunden, dafs die gröfsern, deren etwa 6 auf ein Pfund gehen, sich zu dieser Absicht am Besten schicken. Wolle man sie zu diesem Versuche anwenden, so sei es am Rathsamsten ein Drittheil oder Viertheil von ihnen abzuschneiden, oder vorher zu verbrennen, weil sie gegen das Ende zu gewöhnlich dünner werden, und man so die Stücke übrig behalte, die durchaus gleich dick sind. Man soll dann das Licht wägen, es anzünden, und es eine halbe Stunde in guter Luft brennen lassen; alsdann es mit einem Hütchen auslöschen, so dafs eine gute Schnuppe mit ihrem schwarzen Theile etwa einen halben Zoll lang bleibe. Man mufs durch gehöriges Putzen es dahin bringen dafs jeder Versuch mit einer guten Schnuppe angefangen wird. Hat man das Licht eine halbe Stunde in der zu prüfenden verdorbenen Luft brennen lassen, so mufs man es von Neuem wägen. Dr. Languish stellte nach Hales Vorschrift mit eingeschlossener Luft in Kerkern, Bergwerken u. s. w. Versuche an, und fand immer, dafs die Abnahme eines Wachslichts in gleichen Zeiten und übrigens gleichen Umständen der Isolirung der Luft von der Atmosphäre umgekehrt proportional war.

punkte 2024 Cubikzoll gehalten, und von der darin enthaltenen Luft habe 1/6 seine Elasticität verloren. Er versuchte es auch das erloschene Licht vermittelst des Brennglases in derselben Luft abermals anzuzünden, das ihm indessen nicht gelingen wollte. Als er es aus dem Recipienten herausnahm, anzündete, und abermahls hineinbrachte, brannte dasselbe fünf Mal kürzere Zeit als das erste Mal, „und in dieser kurzen Zeit benahm das brennende Licht einer eben so grofsen Quantität ihre Elasticität. Diesen Versuch wiederholte er oft, und fand immer dasselbe. Sind die Gefäfse einander gleich, die Lichte aber nicht gleich dick, so nimmt das dicke Licht mehr Elasticität weg, als das dünne. Sind die Lichte gleich, die Geschirre aber ungleich, so vergeht die Elasticität eher im kleinen als im grofsen." Als er einst unter dem Recipienten der Luftpumpe, indem sich ein brennendes Licht befand die Luft verdünnte, so ging das Licht schon nach 2 Minuten aus, obgleich das Quecksilber in dem Schenkel des Barometers auf den die Luft wirkte, nicht über einen Zoll hochgestiegen war.

J. F. Desaguliers machte folgende Versuche über das Brennen der Kerzen in Luft (*Philosoph. Transact. N.* 442. *Art.* 5.) 1.) Wird ein cylindrischer gläserner Recipient, der an beiden Enden offen ist, mit dem untern Ende in Wasser gesetzt, oben mit einer Platte bedeckt, die ein Loch von fast einem Zoll weit hat; so wird ein Licht, deren 6 auf ein Pfund gehen, nicht ganz eine Minute brennen ehe es ausgeht. 2) Wenn der Recipient ganz bedeckt ist, brennt et fast eben so lange. 3) Wenn der Recipient das Loch in der Platte offen hat, und sich unten an ihm eine Röhre befindet, durch welche die Luft von aufsen hineinziehen kann, wird es nur ein wenig länger als im ersten brennen, und wenn man mit dem Munde in die Röhre bläst, wohl noch eher ausgehn. 4) Man blase mit einem Blasebalge in die Röhre, so wird das Licht so lange brennen als man will.

Nollet bemerkt (*Histoire de l'Academ. à Paris p. l'an.* 1798. *p.* 39.) das Feuer erlösche, wenn man ihm die Luft entziehe.

Ludw. de la Grange machte vor der Gesellschaft der Wissenschaften zu Turin folgenden Versuch (*Miscellan. phil. mathem. soc. prin. Taurinens.* 1759, 4, *p.* 22. ff. übers. im neuen Hamb. Mazagin, St. 27, p. 197. ff.): Er setzte ein angezündetes Licht so unter die Glocke der Luftpumpe dafs die Glocke selbst nicht allenthalben anschlofs, sondern der untere Rand derselben von dem Brette, worauf das Licht ruhete, einige Queerfinger weit abstand, da er denn bemerkte, dafs die Flamme demohngeachtet erlosch, obgleich die äufsere Luft einen freien Eintritt unter die Glocke hatte. Die Gesellschaft machte nun Versuche ob die Flamme unter einer Glocke, in deren oberen Theile ein grosses Loch war, dauern könne; man sah sie aber gleichfalls erlöschen. Hierauf

nahm sie eine Glocke die oben zwei grofse Löcher hatte, und beobachtete, dafs auch hierunter die Flamme erlosch; bemerkte aber, dafs die Flamme bei zwei Löchern gleicher Gröfse blieb, deren eines in dem obern, und das andere in dem untern Theile der Glocke angebracht war. Als *de la Grange* den Vorschlag that, auch mit verschiedenen Stellungen der Oeffnungen und mancherlei Verbindungen derselben Versuche anzustellen, so liefs Herr von *Saluce* zu diesem Behuf eine blecherne Laterne verfertigen, welche allenthalben dicht verschlossen war, aber oben zwei, in der Mitte zwei, und unten eben so viel Löcher hatte, deren jedes ohngefähr einen Zoll weit war, und mit einem Korkstöpsel verstopft werden konnte. Bei dem Gebrauche derselben fand man, dafs die beiden oberen oder mittleren oder untern Oeffnungen zur Unterhaltung der Flamme nicht hinlänglich waren, wohl aber immer zwei wenn nur eine über, und eine unter der Flamme befindlich war; ja nach des Hrn. *Saluce* Beobachtung war auch nur ein einziges Loch an dem untern Theile der Laterne hinlänglich, wenn die Laterne so gehalten wurde, dafs die Flamme bald nach oben, bald nach unten zu stehn kam. Da aus diesen Versuchen zu erhellen schien, dafs zur Unterhaltung der Flamme durch das eine und zwar unterste Loch für die eintretende Luft, und durch das andere und zwar oberste für die herausgehende Luft ein freier Zug Statt finden müsse, so wünschte Herr *de la Grange* diesen Zug der Luft durch die Löcher vermittelst daran gebrachter leichter Körper noch zuverlässiger und gewisser bestimmt zu sehen. Dieses wurde nun durch angebrachte Klappen bewirkt. Die Gesellschaft bemerkte, dafs wenn die Klappen so angebracht waren, dafs die Luft zum obern Loche hinaus, und zum untern hinein konnte, die Flamme vollkommen dauerte, bei entgegengesetzter Stellung derselben hingegen erlosch; so, dafs in dem ersten Falle die Klappen von dem Rande der Löcher sich von selbst zurück begaben, in dem letztern hingegen daran anschlossen. *Joh. Franz Cigna* untersuchte nun ob bei Anbringung einer krummen Röhre die eine Communikation zwischen dem obern und untern Loche unterhielt die Flamme in dem verschlossenen Raume dauren könnte; er fand aber dafs dieselbe eben so, als wenn keine solche Communikation vorhanden gewesen wären erlosch. *de la Grange* brachte bei dem im Grunde des Recipienten der Luftpumpe befindlichen Loche eine Röhre an, welche so lang war, dass sie bis an den obern Theil des Recipienten reichte, und stellte die Flamme unter den Recipienten, so, dafs das andere Loch des Grundes, durch welches das Barometer hindurch geführt zu werden pflegt in dem Umfange desselben Recipienten zugleich mit begriffen war, und der auswendigen Luft einen freien Eingang in den Recipienten gestattete. Ob nun gleich auf diese Weise der Hahn der Luftpumpe offen stand, und der Recipient durch

die beiden Löcher, das oberste sowohl als unterste freie Communication mit der äussern Luft hatte, so verlosch doch das Licht augenblicklich. Wenn er die Luft aus dem obern Theile durch die Röhre herauspumpte, und unterdessen frische Luft durch das im Grunde befindliche Loch in den untern Theil hineintrat, so erhielt sich die Flamme, und zwar so lange, als die Bewegung des Embolus dauerte, woraus sich ergab, dafs die Löcher; die zur Erhaltung der Flamme unzureichend sind, dieselbe allerdings dann zu erhalten vermögen, wenn ein Zug der Luft vom untern zum obern Loche durch die Kunst hervorgebracht wird. Jeztl brachte *de la Grange* eine krumme gläserne Röhre aus dem Loche, durch welches die Luftpumpe mit der auswendigen Luft Communication hat, nach der obern Oeffnung des Recipienten der Luftpumpe, verkittete sie sorgfältig, und stellte ein angezündetes Licht unter den Recipienten; bewegte, als das Licht verlöschen wollte, den Embolus, und drehete den Hahn so, dafs bei herausgezogenem Stempel die Luft aus dem obern Theile des Recipienten durch die Röhre gepumpt, und bei wieder zurück gebrachten Embolus die Luft durch das im Grunde befindliche Loch in den untern Theil hineingetrieben wurde. Hiebei bemerkte nun die Gesellschaft, dafs bei jedem Hin- und Herziehen des Stempels die Flamme wieder auflebete, und allmählich eben so gut wieder zu brennen anfing, als in freier Luft geschehen seyn würde, und dafs sie auf diese Art so lange erhalten wurde, als die Bewegung des Stempels dauerte; bei Aufhörung desselben allmählig schwächer, und als sie bald verlöschen wollte, durch denselben Handgriff wieder angefacht ward; und dass man dergleichen Abwechselungen von Schwäche und Wiederauflebung nach Belieben hervorbringen konnte. War die Bewegung des Stempels einige Sekunden lang eingestellt, so verlosch das Licht. Bei Anstellung des Versuches aber mufste der Stempel vorher, ehe alles gehörig verkittet war, aus und eingezogen werden, damit die Flamme nicht zu schnell verlöschte. Nun liefs die Gesellschaft eine blecherne Laterne von der vorher beschriebenen Art verfertigen, welche vorn mit einem an das Blech fest angelötheten und verkitteten planen Glase versehen war, damit man ungehindert inwendig hinein sehen konnte. In dem Boden der Laterne war ein rundes Loch, welches sich in eine etliche Zoll lange und über der innern Fläche des Bodens winkelrecht eingefügte Röhre öffnete. Aufser dieser war noch eine andere gleichmäfsige auf dem flachen Bleche winkelrecht aufgerichtete Röhre angebracht, in welche das angezündete Licht gesetzt wurde. Die obere Seite des flachen Bleches war mit weichem Wachse überzogen. Alsdann ward diese Röhre in die vorige hineingesteckt, das Licht in die Laterne gesetzt, da unterdessen die gerade Fläche mit der obern Seite, wo sie mit Wachs überzogen war, auf den Boden der Laterne angedrückt ward, dafs sie daran fest safs, und den Eintritt der aus-

wendigen Luft verhinderte. Das Uebrige war wie im vorigen Versuche, wobei nur noch anzumercken, dafs die hintere Oeffnung des hiezu gebrauchten Blasebalgs von einem darauf gelegten und fest aufgeleimten Leder verschlossen ward. Als man den Versuch anstellte, fand man, dass ein mittelmäfsiges Licht, welches unter den Recipienten sich selbst überlassen augenblicklich verlosch, so lange brennen blieb, als man den Blasebalg bewegen mogte, und es, so bald diese Bewegung nur ein wenig nachliefs, matt wurde, indessen bei wieder vorgenommener Bewegung des Blasebalgs sehr bald wieder erholete. Ob die Gesellschaft gleich eine dicht verschlossene Laterne hatte haben wollen, so konnten sie doch von dem Arbeiter keine solche erhalten, sondern es zeigte sich bei jeder Bewegung des Blasebalgs ein Gepfeife, vornehmlich um das Glas herum, und alsdann verlosch die von der Bewegung des Blasebalgs stark angeblasene Flamme, besonders wenn der Blasebalg ziemlich geschwind ging. Nachdem man aber die meisten Fugen mit Wachs und Mastix verklebt hatte, erhielt man endlich die beschriebene Wirkung. Je sorgfältiger die frische Luft abgehalten wurde, um so viel ruhiger und unversehrter soll die Flamme ausgesehn haben 1).

Becaria sagte (in seinen phzsikalischen Vorlesungen, wie *Cigna* a. a. O. wo er die Versuche der Turiner Gesellschaft beschreibt, angiebt) wenn mau ein angezündetes Licht unter ein überall verschlossenes Gerüst stelle, so verlösche es sehr bald, auch so gar dann, wenn das Gefäfs am Boden Communication mit der äufsern Luft habe; werde dieses Licht unter ein Gefäfs, das am obern Theile mit einem Loche von der Gröfse eines Zolls versehen sei, gestellt, so verlösche es gleichfalls; sein in dem Gefäfse zwei solche Löcher, ein niedrigeres als der unterste Theil der Flamme, und ein höheres befindlich; so bleibe die Flamme brennend, und zwar nicht nach einer gerade in die Höhe gehenden, sondern schiefen Richtung, nemlich so, dafs sie sich mit ihrer Spitze von dem Orte des niedrigen Loches hinweg, nach dem Orte des auf der gegenüberstehenden Seite des Gefäfses befindlichen höhern Loches zu, wendet 2).

1) Hieraus schlossen sie, dafs die Flamme nicht durch die frische Luft, sondern durch Kreisbewegung der Luft erhalten werde. Jezt brauchen wir diese Meinung nicht mehr zu widerlegen; es ist offenbar, dafs bei ihren Versuchen frische Luft mufs hinzugekommen sein, welches die Einrichtung ihres Apparats auch sehr wahrscheinlich macht, oder dafs der Versuch nur so lange fortgesetzt wurde, als noch eine hinlängliche Sauerstoffquelle vorhanden war. *v. S.*

2) *Beccaria* meint es ergebe sich hieraus, dafs zu der Erhaltung der Flamme sowohl die Anwesenheit der Luft, als auch eine bestimmte Bewegung der Luft nothwendig sei. In beiden hat er sehr recht, denn wäre auch noch so viel Luft vorhanden, und die Bewegung fehlte, so würde zuletzt die gebildete Kohlensäure sich von unten herauf nach und nach sie anhäufen, dafs sie endlich der atmosphärischen Luft den Zutritt versperrte. *v. S.*

Saluce machte noch folgende Versuche (S. Hamb. Magaz. a. a. O. p. 208.). Er nahm zwei gläserne Heber, steakte sie mit dem einen Knie in den verschlossenen Recipienten und liefs das andre aufserhalb demselben heraussteln. Die innerhalb befindlichen Schenkel waren nicht von einer Höhe, sondern der eine stand höher der andere niedriger als die Flamme. Aus diesem liefs er die Luft mit dem Munde aussaugen, und fand, dafs auf diese Art die Flamme brennen blieb, obgleich die aus dem untersten Heber gesogene Luft nicht anders als durch diejenige, welche durch den obersten Heber hineintrat, ersetzt werden konnte, und also der Zug der Luft vom obersten Heber nach dem untern zuging. Sobald das Saugen aufhörte erlosch die Flamme. Nun gebrauchte er zwei Heber, deren eingeschlossene Schenkel beiderseits entweder höher, oder niedriger als die Flamme standen, und bemerkte, dafs in beiden Fällen, nach herausgesogener Luft aus dem einen Heber, die Flamme unversehrt blieb. — Alle bisher erzählte Versuche der Turiner Gesellschaft und besonders der letzte von *Saluce* angestellte, wurden öfters, angeblich mit allem möglichen Fleifse und Sorgfalt, wiederholt, und das Resultat war immer dasselbe; wurde der Stempel zu spät, nachdem die Flamme schon matt geworden, oder auch gar zu geschwind oder gar zu langsam, aus und eingezogen so verlöschte die Flamme öfters. — Nun wurden von der Gesellschaft Versuche mit folgender, durch *v. Saluce* angegebener Einrichtung angestellt: Es wurden zwei gläserne Röhren in die beiden Löcher der Luftpumpe, durch deren eines die Luft ausgepumpt, und deren anderes herausgetrieben zu werden pflegt, fest eingekittet; beide Röhren erstreckten sich von den Löchern an bis zu einem Gefäfse mit Wasser, wo sie sich umbogen, und winkelrecht in die Höhe standen, so dafs die eine einige Queerfinger hoch über der Fläche des Wassers sich öffnete, die andere aber weit höher ging. Die Oeffnungen der Röhren waren mit Kegeln von Pappe zugestopft, um dem starken Andringen der ein und austretenden Luft, welches die in der Nähe befindliche Flamme hätte auslöschen können, Einhalt zu thun. Hierauf wurde zwischen die beiden Schenkel der Röhren in demselben Gefäfse ein angezündetes Licht gesetzt, dessen Flamme niedriger als die eine Röhre, und höher als die andere und fast in der Mitte von der Höhe dieser Röhren stand. Zuletzt wurden die in das Wasser gesteckten Röhren, zugleich mit dem Lichte, mit einer gläsernen Glocke bedeckt, welche mit ihrem untern Rande einige Queerfinger tief unter der Oberfläche des Wassers stand, so, dafs auf diese Art das Wasser allen Eintritt der äufsern Luft in die Glocke verwehrte. Als aber der Stempel in Bewegung gesetzt wurde, um durch die Oeffnung der höhern Röhre die Luft herauszuziehn, und sogleich wieder durch die Oeffnung der niedern fortzutreiben, so stieg das Wasser innerhalb der Glocke abwechselnd auf und nieder, welche abwechselnde Bewe-

gungen des Wassers den Versuchanstellern zum Beweise dienten, dafs der Eintritt der äufsern Luft abgeschnitten sei; aber sie bemerkten, dafs das Licht durch eine solche Kreisbewegung von unten nach oben nicht zu erhalten war, und eben so wenig durch eine entgegengesetzte Richtung der Luft; ja man nahm sogar keinen Unterschied in Ansehung der Dauer derselben wahr, es mochte die Luft entweder auf diese Art in Bewegung sein, oder ganz unbewegt bleiben. War hingegen weniger Wasser in dem Gefäfse vorhanden, so dafs nach herausgezogenem Embolus die auswendige Luft durch dasselbe hindurch unter der Gestalt von Blättchen in die Glocke hineintreten, und bei Zurückstofsung desselben durch denselben Weg wieder herausgetrieben werden konnte, so blieb alsdann die Flamme bei ihrer völligen Lebhaftigkeit 1). *Cigna* suchte nun zu erforschen, ob die Luft in welcher die Flammen „von selbst" erloschen war, auch eine andere hineingesetzte Flamme ersticken würde. Er brachte demnach unter die Glocke der Luftpumpe, die nicht überall anschlofs, deren unterer Rand vielmehr von der Unterlage einige Queerfinger breit abstand durch die unterste Oeffnung ein angezündetes Licht, und setzte, als dasselbe „von selbst" ausgegangen war, ein anderes brennendes Licht durch dieselbe Oeffnung hinein; dieses erlosch augenblicklich; ja, als er nach einigen Minuten abermals ein frisches angezündetes Licht hineinthat, so erlosch dieses ebenfalls. Um zu untersuchen ob durch die Zeit die Luft, in welcher das Licht verlöscht war, vielleicht das Vermögen das Brennen zu unterhalten, wieder erhalte, er kittete dieselbe Glocke auf den mit zwei runden Löchern versehenen Teller von Metall, brachte durch das eine der Löcher einen mit Quecksilber angefüllten gläsernen Heber, und befestigte ihn mit Wachs; durch das andere konnte ein angezündetes Licht unter den Recipienten gebracht werden, und unterdessen verstopfte das weiche Wachs worauf das Licht stand, dieses Loch. Als das Licht erloschen war, sah man das Quecksilber in den Heber steigen. Es blieb länger als dreizehn Stunden über den Wasser stehen. Nach Verlauf dieser Zeit, ja schon lange vorher, war die Höhle des Recipienten klar geworden, und es hatte sich von dem zu einer Flüssigkeit verdickten Rauche und Dämpfen des erloschenen Lichtes ein Thau an die Seiten des Glases angelegt. Hierauf zog er das vorher erloschene Licht, welches gleichsam ein Stöpsel war, sacht heraus, damit die in dem Recipienten enthaltene Luft nicht erschüttert würde, und brachte ein anderes angezündetes Licht zu demselben

1) Hieraus schlossen sie selbst, dafs der Apparat der sie zu der Meinung vermogt hatte, dafs die Erneuerung der Luft nichts zu der Erhaltung der Flamme beitrage, müsse unvollkommen gewesen sein, und dafs blose Kreisbewegung der Luft zu der Erhaltung der Flamme unzulänglich sei.

Loche in den Recipienten hinein. Kaum war die Flamme unter den Recipienten gekommen, so erlosch sie eben so geschwind, als wenn sie unter Wasser getaucht wäre. Derselbe liefs nun an der schon früher beschriebenen blechernen Laterne zwei Vertikallöcher offen, setzte ein brennendes Licht hinein, brachte eine andere Flamme an das oberste Loch, und sahe sie verlöschen. Wenn er die Flamme an das untere Loch hielt, verlöschte das Licht in der Laterne. Diese Verlöschung erfolgte constant, das daran gehaltene Licht mogte von Talg und das in der Laterne von Wachs sein, oder umgekehrt; es mogten beide von Talg oder beide von Wachs sein; sie mogten beide einander gleich sein, und einerlei Docht haben, oder eines von beiden mogte gröfser sein, und einen stärkern Docht haben. Ferner fand er, dafs auch, wenn er eine glühende Kohle an das untere Loch der Laterne, und zwar so hielt, dafs sie von dem Loche ein wenig abstand, und die Luft einen freien Eintritt in die Laterne behielt, die Flamme in der Laterne erlosch. Wurde eine glühende Kohle in die Laterne gelegt, und an die obere Oeffnung der Laterne eine Flamme gehalten, so erlosch diese augenblicklich 1). Ferner setzte *Cigna* (S. Neues Hamb. Mag. St. 29. p. 400.) einen auf eine Unterlage gesteckten und angezündeten Wachsstock in ein Geschirr mit Wasser, bedeckte es nachher mit einer gläsernen Glocke, brachte das Wasser vermittelst eines Hebers bis zu einer bestimmten Höhe, und steckte den Heber so fort unter das Wasser, damit er nach aufgehobener Communication zwischen der äufsern und der in der Glocke eingeschlossene Luft nach dem Steigen des Wassers unter die Glocke die Abnahme der Elasticität messen könnte. Sobald die Flamme sich zusammen zu ziehn, und kleiner zu werden anfing, sobald stieg das Wasser in die Höhe, und zwar weit schneller in dem Augenblicke da sie erlosch; nachher fuhr das Wasser noch eine Zeitlang zu steigen fort, bis die Luft völlig abgekühlt war, alsdann nahm er ein genaues Maafs von der höchsten Höhe, zu der das Wasser gelangt war. Er wiederholte nachher denselben Versuch in Gesellschaft des Grafen *v. Saluce* und brachte eine brennende Wachskerze an den Schenkel des Hebers, welcher unter die Glocke kommen sollte; dieser Wachsstock aber war an die Seite des Schenkels so angebracht, dafs nach umgebogenen Heber zuerst der Schenkel, und nachher sogleich die Flamme unter das Wasser kam und erlosch. Das Wasser stieg eben so wie bei dem vorigen Versuche in die Höhe. Nur eine ganz geringe Abweichung war nach der verschiedenen Gröfse der Flamme zu bemerken; denn je sorgfältiger sie in beiderlei Versuchen dieselbe gleich zu erhalten suchten, desto weniger war auch das Steigen des

1(*Man vergleiche hiemit Luft und Wärme Abtheilung γ.*

des Wassers ungleich. *Cigna* sagt auch (a. a. O. p. 415.) eine Flamme in verschlossener Luft sei gewifs von gleicher Dauer, sie möge oben oder unten im Recipienten sich befinden; und es werde nicht allein die Luft angesteckt die dieselbe umgiebt, oder über derselben schwebt, sondern es werde die gesammte Luft überall gleichmäfsig verderbt, so dafs eine hineingebrachte neue Flamme sogleich vorn an ersticke.

Wolff erzählt (Allerhand nützliche Versuche etc. Halle 1738, Th. II. p. 372. f.), als er ein Stück Licht unter die Glocke der Luftpumpe gesetzt, und die Luft ausgepumpt habe, so sei die Flamme geschwinder, als wenn die Luft darin geblieben ausgelöscht, auch der Docht sei nicht glühend geblieben, sondern gleichfalls bald mit verloschen; die Flamme sei rund geworden, ehe sie ganz ausgelöscht sei, da sie doch sonst zugespitzt in die Höhe steige; auch der Rauch sei nicht in die Höhe gestiegen, sondern niedergefallen, obgleich noch nicht alle Luft herausgepumpt gewesen sei.

Silberschlag sagt (G. E. Silberschlags ausgesuchte Closter-Bergische Versuche in den Wissenschaften der Naturlehre und Mathematik Berlin, 1768) wenn man ein brennend Licht unter den Recipienten stelle, und die Luft auspumpe, so höre die Flamme des Lichts auf sich zu erheben, sie bleibe niedrig, werde immer kleiner, und endlich verliere sie sich gar. Darauf steige ein Dampf in die Höhe, senkrecht, wie der Strahl eines Springbrunnens, stofse an die obere Decke des Recipienten an, und falle von allen Seiten sichtbar auf den Teller der Luftpumpe herab. Stelle man ein brennendes Licht unter den Recipienten ohne die Luft auszupumpen, so werde das Licht, obgleich etwas später auf die vorher gemeldete Art verlöschen, auch werde die Luft hiebei zum Athemholen der Thiere, und zur Unterhaltung einer neuen Flamme untüchtig.

Karsten (Anleitung zur gemeinnützigen Kenntnifs der Natur, Halle, 1783) giebt folgende Erzählung von diesem Phänomen: Ein brennendes auf dem Teller der Pumpe mit einer etwas hohen Glocke bedecktes Licht verlöscht sehr bald, wenn man die Luft unter der Glocke verdünnt. Vor dem Verlöschen wird die Flamme fast durchgängig blau, da sie sonst nur unten am Docht die blaue Farbe zeigt. Der von dem noch glimmenden Docht aufsteigende Rauch schwebt zwar anfangs im obern Theile der Glocke, fällt aber, wenn man fortfährt die Luft unter der Glocke wegzupumpen, zuletzt gegen den Teller herab.

Priestley führt (Vers. und Beobacht. über verschiedene Gatt. der Luft Th. I. p. 41.) Folgendes hierüber an: Es ist eine gemeine Erfahrung, dafs eine Flamme nicht lange brennen kann, wenn die Luft nicht stets erneuert wird, und dafs also die atmosphärische Luft dazu nöthig ist, ausgenommen bei den

Substanzen, denen viel Salpeter beigemischt ist, denn diese brennen in luftleeren Raume, in fixer Luft, selbst unter dem Wasser, welches die Wasserraketen sehr deutlich beweisen. Daher verlangt aber auch eine kleine Flamme zu ihrer Erhaltung eine unglaubliche Menge Luft; denn man nimmt gewöhnlich an, dafs ein gemeines Licht in der Zeit von einer Minute so viel Luft, als ein Gallon (vier Kannen) beträgt, verzehre wie man zu sagen pflegt. Ferner sagt er, dafs obgleich die Verminderung einer Portion Luft, in der ein brennend Licht verloschen sei, sehr verschieden sei, so glaube er doch, dafs man im Durchschnitt $\frac{1}{15}$ oder $\frac{1}{16}$ der ganzen Masse anzunehmen berechtigt sei. Auch fand er, dafs, wenn er Wachslichter, Talglichter, Holzspäne, Weingeist oder Aether, oder auch jeden andern Körper, Schwefel ausgenommen, in einem verschlossenen gläsernen Gefäfse, das in Wasser stand, verbrannte, die gemeine Luft, wie er sich ausdrückt, in den Zustand versetzt wurde, dafs sich die in ihr befindliche fixe Luft niederschlagen konnte, wie er dieses durch Kalkwasser erprobte 1). Noch bemerkt er (a. a. O. p. 44), er habe sich überzeugt dass die Luft in welcher Lichter verloschen seien, nicht schwerer sei als gemeine, ja später habe er sich durch Versuche belehrt, dafs die Luft, deren Volumen auf diese Art vermindert worden war, vielmehr leichter als gemeine Luft sei. Ein Thier, sagt er hier, lebe in der Luft in welcher Lichter verloschen seien, beinahe, wo nicht gänzlich so lange, als in gemeiner Luft, welches schon *Boyle* und andere längst wahrgenommen hätten.

Die Prüfung der durch das Brennen der Kerzen verdorbenen Luft unternahm er folgendermafsen: Er liefs die Luft unter Glocken gehn, und behandelte sie mit *Reagentien*. Er fand dafs ein Theil davon Luftsäure sei, welche das Kalkwasser niederschlage, aber dafs noch eine weit gröfsere Menge übrig bleibe, welche von der entzündlichen und gemeinen Luft abweiche. Er beweifst: dafs eine Kerze unter einer Glocke bald auslösche, deren Luft nicht erneuert wird. Wenn man die Glocke auf Wasser oder Quecksilber stellt, so dringt die ersten Augenblicke ein Theil der durch die Hitze ausgedehnten Luft heraus; bald hernach aber steigt das Wasser oder Quecksilber wieder in die Glocke herauf und wenn die Gefäfse erkaltet sind, so bemerkt man, dafs eine starke Verminderung vorgegangen ist, selbst wenn man die Luft mit in Anschlag bringt, welche die Hitze anfänglich herausgetrieben hat 2).

1) Er urtheilt dieser Niederschlag geschehe dadurch, dafs gewisse aus dem brennbaren Körper sich ausscheidende Theile in die Atmosphäre übergehn, und wegen gröfserer Verwandschaft zu der Atmosphäre, als die fixe Luft zu dieser hat, dieselbe ausscheiden.

2) *Dafs man die Attribute der Gasart, die nach Absonderung der Kohlensäure aus der durch Verbrennen verminderten gemeinen Luft übrig bleibt, unter Stickgafs suchen müsse, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.* *v. S. Ph.*

Scheele machte über unsern Gegenstand folgenden Versuch: Er drückte auf den Boden einer Schüssel eine aus Wachs Harz und Terpentin zusammengeschmolzen zähe Masse zwei Finger hoch. In deren Mitte befestigte er einen dicken eisernen Drath, und steckte auf dessen Spitze ein schmales Wachslicht, dessen Docht er aus drei zarten Zwirnsfäden zusammen geschnürt hatte, zündete das Licht an, und setzte zugleich einen Kolben umgewandt darüber, dessen Höhe so beträchtlich war, dafs der eiserne Drath bis in seine Mitte reichte, drückte ihn tief in die Masse ein, und gofs nun sogleich die Schüssel voll Wasser. Als die Flamme verloschen, und alles vollkommen kalt geworden war, öffnete er den Kolben in derselben Stellung unter dem Wasser; es stiegen zwei Unzen Wasser hinein; der Kolben konnte 160 Unzen Wasser fassen. Es fehlte hier also so viel Luft als zwei Unzen Wasser Raum einnehmen. Herr *Scheele* fragt nun auf welche Weise diese zwei Unzen verloren gegangen seien, ob sie durch das Brennbare absorbirt worden, oder ob die Hitze der kleinen Flamme sie ausgetrieben habe, ehe er den Kolben noch in die zähe Masse habe eindrücken können. Aus einem nachher angestellten Versuche ist es ihm wahrscheinlich, dafs letzteres Statt gefunden habe. Er nahm nehmlich einen Kolben der nur 20 Unzen Wasser fassen konnte, in diesem liefs er ein Licht wie in den vorhergehenden brennen; da er den Kolben, nachdem Alles kalt geworden war, gleichfalls unter dem Wasser öffnete, so waren wie im ersten Versuche beinahe 2 Unzen hineingestiegen. Er argumentirt nun, dafs wohl der Verlust in dem ersten Versuch nicht von Absorbtion herzuleiten sei, weil sonst hier nur 2 Drachmen verloren gegangen sein würden. Er wiederholte den Versuch mit dem grofsen Kolben wie vorher, aufser dafs er statt des Lichtes Weingeist gebrauchte. Er stach nemlich drei eiserne Dräthe, welche gleich lang waren, und bis in die Mitte des Kolbens reichten, in die auf den Boden der Schüssel festgedrückte zähe Masse, auf diese Dräthe legte er ein viereckigtes Blech, und auf dieses setzte er ein kleines Gefäfs, in welches Weingeist gegossen war; er zündete diesen an, und setzte den Kolben darüber. Nach dem Erkalten sahe er, dafs 3 Unzen Luftraum durch die Hitze der Flamme ausgetrieben war. Auf eben dieses Gestell legte er einige kleine glühende Kohlen, und liefs sie auf dieselbe Art unter den Kolben auslöschen. Er fand nach dem Erkalten, dafs drei und eine halbe Unze Luftvolumen ausgetrieben war 1). Er gofs nun in einen jeden Kolben nachdem das Feuer aus-

1) Er bemerkt hiebei diese Versuche scheinen zu beweisen, dafs der Uebergang des Phlogistons in die Luft nicht allemal deren Umfang vermindere, welches doch andere Versuche deutlich zeigen. Indessen lehren seine folgenden Untersuchungen, dafs der Theil

gebrannt, und Alles kalt geworden war, 6 Unzen Kalkmilch (Kalkwasser mit dem mehr Kalk gemengt ist, als das Wasser auflösen kann), darauf legte er die Hand fest auf die Oeffnung eines solchen Kolbens, und schwenkte ihn verschiedene Male auf und nieder; alsdann hielt er diesen Kolben unter das Wasser, und liefs die Hand auf der einen Seite ein wenig zurück, damit eine kleine Oeffnung entstehen möchte. Sogleich stieg das Wasser in den Kolben hinein. Darauf verwahrte er die Mündung wieder mit der Hand unter dem Wasser sehr genau, und schüttelte ihn nachher in der Luft einige Male auf und nieder. Er öffnete ihn abermal unter dem Wasser; diese Arbeit wiederholte er noch ein Paar Mal, bis kein Wasser mehr in den Kolben steigen wollte, oder keine Luftsäure mehr in den Kolben vorhanden war. Er sah also dafs bei jedem Versuche zwischen 7 und 8 Unzen Wasser in den Kolben heraufstiegen, folglich ist der zehnte Theil Luft verloren gegangen 1). Ist auf die angegebene Art die Luftsäure durch die Kalkmilch von dieser Luft geschieden, so kann nach *Scheele* ein Licht wieder, obwohl nur kurze Zeit darin brennen 2). (Scheele's physische und chemische Werke, herausgegeben v. Hermbstädt, B. I. p. 68. ff.)

Luft, der sich mit dem Brennbaren vereinige, und gleichsam dadurch absorbirt werde, durch die von Neuem hervor gekommene Luftsäure wieder ersetzt worden sei. *Kirwan* macht dazu die Bemerkung, dafs nach *Hales* Versuchen die Luft bei übrigens gleich starken Lichtern, die man anzündete, verhältnifsmäfsig nach der Gröfse der Glocken, in engern mehr als in weitern vermindert werde. Alle diese Erfahrungen aber seien gröfstentheils vielleicht ungewifs, weil nicht nur die Entzündbarkeit des Talges, oder der andern verbrennlichen Materien, deren man sich bediene, je nachdem sie mehr oder weniger rein seien, verschieden ausfalle, und weil sich eine unverbrannte entzündbare Luft mit dem Rückstande der gemeinen Luft vermische, sondern weil auch nach *Fontana's* Entdeckung die verbrannte Substanz alle Arten von Luft einsauge, (S. Kohle und die verschiedenen Luftarten) so dafs sich die Menge der Luft, die während der Verbrennung selbst verloren gegangen sei, schwerlich bestimmen lasse.

1) Er urtheilt, dafs, da ein Theil Luftsäure mit 10 Theilen gemeiner Luft gemischt das Feuer auslösche, und überdies hier die durch die Hitze der Flamme ausgedehnten und um die Flamme stehenden wäfsrichten Dünste, die von der Zerstörung der ölichten Körper entsprungen seien, vorhanden wären, anzunehmen sei, dafs die von der Flamme sich scheidenden elastischen Flüssigkeiten dem sonst gewifs noch länger brennenden Feuer ein nicht geringes Hindernifs in den Weg legen, besonders da hier kein Luftzug sei, wodurch dieselbe von der Flamme könnten weggetrieben werden.

2) Nach *Kirwan* beweifst dieser Versuch offenbar, dafs die Beimischung der fixen Luft die gemeine Luft zur Flamme ungeschickt mache, welches, wie er bemerkt, schon *Cavendish* 8 Jahre vorher entdeckt hat. (S. Atmosphärische Luft und Kohlensäure)

Lavoisier beleuchtet die bis dahin gemachten Versuche über das, was bei dem Verbrennen in der Luft vorgeht, (in d. *Memoir. de Mathem. et Phys. de l'Acad. roy. des scienc. à Paris an.* 1780 *p.* 196.) Er sagt, alle die sich bis dahin mit Versuchen über die Verbrennung der Kerzen beschäftigt haben, glaubten, daſs das Volumen der Luft während der Verbrennung beträchtlich vermindert werde. Man habe um dieses zu beweisen einen sehr einfachen Versuch gemacht, der aber nichts weniger als entscheidend sei. Man habe nemlich eine Kerze auf den Teller der Luftpumpe, und über dieselbe einen Recipienten gesetzt, und beobachtet, daſs die Kerze nach Verlauf eines sehr kurzen Zeitraums verlöscht sei, und daſs nach der Erkältung der Gefäſse der Recipient auf dem Teller festsitze; diese Wirkung könne nun aber nicht Statt finden, als in so fern das Luftvolum unter dem Recipienten geringer nach der Verbrennung sei, als vor der Verbrennung; aber man habe nicht darauf Acht gehabt, daſs man einen Recipienten über eine Kerze nicht bringen könne, ohne daſs zugleich die Luft in denselben in dem Augenblick selbst, worin man ihn auf die Kerze stülpe, und ehe man ihn noch auf den Teller gebracht habe, erhitzt werde; man verschlieſse demnach gleich Anfangs warme Luft unter die Glocke; da nun aber warme Luft am Umfange durch Erkältung vermindert werde, so sei es gar nicht befremdend, daſs der Recipient an dem Teller fest sitze, wenn das Licht ausgelöscht und die Gefäſse erkältet seien. Uebrigens müsse man auch noch in Erwägung ziehen, daſs es wenige Luftpumpen gebe, bei denen nicht einige Luft zwischen dem Leder und den Recipientenrändern hindurchstreichen könne, besonders in dem Augenblicke, wo der Recipient anstatt fest an das Leder zu schlieſsen, im Gegentheile von demselben durch die Gewalt der Ausdehnung abgestoſsen werde; es entweiche also fast immer Luft während der Verbrennung *), es bleibe daher nicht genug Luft unter den Recipienten um dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten, und es entstehe daraus eine neue Ursache des Anhängens des Recipienten an den Teller.

Die Versuche, die unter in Wasser getauchten Glocken vorgenommen, seien nicht überzeugender; 1) die Luft dehne sich während der Zeit selbst, da man Lichter hinein bringe aus, sie fahre fort während der Zeit der Verbrennung sich auszudehnen, und es dringe folglich eine beträchtliche Menge Luft unter den

Auch fand, wie er erzählt, *Hales*, daſs ein Licht, neben Weinsteinkali, wodurch die Luftsäure angesogen werde, länger als sonst in der Luft brenne. In des Verfassers Versuche habe nun der Kalk dieselben Dienste geleistet.

*) *Wir haben aber gesehen, daſs dieses bei den* Scheelschen *Versuchen sorgfältig vermieden war.*
v. S.

Rändern der Glocke durch; es sei daher unmöglich genau die Menge Luft, mit der man gearbeitet habe, taxieren, und folglich wissen zu können, ob wirklich Umfangsveränderung, und in welchem Verhältnisse diese, vorgegangen sei; 2) die Verbrennung der Lichter verwandele einen Theil der atmosphärischen Luft oder richtiger einen Theil der reinen Luft die in der Luft der Atmosphäre enthalten sei, in luftförmige Kreidensäure; nun habe die luftförmige Kreidensäure die Eigenschaft sich mit dem Wasser zu verbinden, wenn man also annehme, daſs bei diesem Versuche eine durch die Verbrennung bewirkte Volumsverminderung Statt finde, so könne man unmöglich diese von der durch die Verbindung der luftförmigen Kreidensäure mit Wasser bewirkten unterscheiden.

Betrachtungen dieser Art nöthigten ihn einen andern Weg einzuschlagen; er fand daſs es durchaus nothwendig sei allein über Quecksilber zu arbeiten. Er fing damit an, eine Glocke von Krystallglas in eine mit Quecksilber gefüllte Schaale zu setzen indem er sie unter einem bestimmten Winkel neigte; dann brachte er sie wieder in perpendiculaire Richtung und machte an der Stelle ein Zeichen, wo die Quecksilberoberfläche stand; dieses Verfahren wiederholte er mehrere Mal hinter einander, und überzeugte sich, daſs das Quecksilber jedes Mal so ziemlich bis zu demselben Zeichen, das beim ersten Versuche auf die Glocke gemacht war, anstieg. Da er sich auf diese Weise versichert hatte, daſs man bei gehöriger Sorgfalt und Aufmerksamkeit unter einer Glocke eine so ziemlich immer gleiche Quantität Luft sperren könne, verfuhr er auf dieselbe Art indem er mit der linken Hand die Glocke geneigt und zum Theil in Quecksilber getaucht hielt, und darunter sehr schnell mit der rechten eine kleine angezündete Kerze brachte. Die Kerze hineinbringen, die Glocke völlig eintauchen, und sie gehörig gerade setzen, muſs die Sache eines einzigen Augenblicks sein, und man muſs nach seiner Erinnerung nothwendig diesen Versuch so lange wieder von Neuem anfangen bis man sich die hinreichende Geschicklichkeit erworben hat, um Alles dieses fast in einem untheilbaren Moment verrichten zu können.

Einige Augenblicke nach der Einschlieſsung seiner Kerze unter der Glocke wurde das durch dieselbe verbreitete Licht schwächer, und bald darauf verlöschte es völlig. Anfangs war das Quecksilber weit unter das bemerkte Zeichen gefallen, als aber das Licht erloschen, und Alles vollständig erkaltet war, kam dasselbe wieder ziemlich genau bis zu dem Zeichen, das vor dem Einbringen der Kerze gemacht war; er sagt ziemlich genau, weil er glaubt, daſs es unmöglich sei für sehr kleine Unterschiede bei diesem Versuch zu stehen, weil die geringste Veränderung des Neigungswinkels der Glocke, oder der Umstände beim Zurechtsetzen derselben und dergl. kleine Abweichungen in der Quecksilberhöhe zur Folge haben kann. Es war demnach der Umfang der Luft durch die

Verbrennung nicht merklich vermindert. So wie die Kerze verlöscht war, brachte er unter dieselbe Glocke und in dieselbe Luft eine geringe Quantität ätzenden flüssigen Laugensalzes; der Umfang der Luft fing sogleich an sich zu vermindern, und fiel von 26 Kubikzoll auf 23¾; es war demnach die Luft beinahe um ⅑ des anfänglichen Volums vermindert; das hineingebrachte ätzende Laugensalz war fähig geworden mit den Säuren aufzubrausen, zum Beweise, dafs die Umfangsverminderung durch die Verbindung der luftförmigen Kreidensäure mit dem Laugensalze geschehn war. Völlig aufser Zweifel wurde ihm das Beweifsliche dadurch gesetzt, dafs, als er unter dieselbe Glocke ein wenig Vitriolsäure brachte, diese Säure sich unter ziemlich lebhaften Aufbrausen mit dem Laugensalze verband, die absorbirte luftförmige Kreidensäure sich zugleich von Neuem entwickelte und das Quesksilber ziemlich genau bis zu dem auf der Glocke befindlichen Zeichen anstieg.

So zuverläfsige Resultate in gewisser Hinsicht dieser Versuch nun auch gab, so war er doch dem genauen Versuchansteller noch nicht bündig genug in Hinsicht auf die durch Verbrennung bewirkte Umfangsverminderung der Luft; denn da es hinreichend war in dem angeführten Versuche die Glocke etwas mehr oder weniger zu neigen, um verschiedene Resulsate zu erhalten, so war es genau genommen möglich, dafs die Volumsverminderung der Luft durch irgend einen Fehler in dem Versuche allein veranlafst wurde; er beschlofs deshalb die Versuche mit der gröfsten Vorsicht auf eine Weise zu wiederholen, die dem Irrthume nicht so leicht ausgesetzt sei.

Er brachte in die Mitte einer Glaskapsel eine kleine Kerze, befestigte an dem obern Theile ihres Dochtes ein kleines Stück Kunkelschen Phosphors, welches ohngefähr ein Sechstel Gran wog; setzte hierauf das Schälchen auf ein Quecksilberbad, und bedeckte es mit feiner Krystallglocke; endlich zog er mit einem Glasheber, der von Innen nach aufsen ging, durch Saugen das Quecksilber bis auf eine gewisse Höhe, die er sehr genau durch einen aufgeleimten Papierstreifen bemerkte. Als Alles so eingerichtet war, machte er eine kleine Eisenstange, welche er zu diesem Behufe gekrümmt hatte, rothglühend, fuhr damit durch das Quecksilber hindurch unter die Glocke, und entzündete so das kleine oben am Dochte der Kerze befindliche Stück Phosphor, worauf dieses dann die Kerze ansteckte. Während des Brennens der Kerze dehnte sich die Luft aus; als jene aber verlöscht, stieg nach Maasgabe der Abkühlung des Apparats das Quecksilber wieder unmerklich in die Höhe, und blieb ein wenig über dem vor dem Anzünden der Kerze gemachten Zeichen stehn. Daraus, dafs das Quecksilber bis etwas über den Papierstreifen anstieg, folgte, dafs eine geringe Verminderung des Umfangs der Luft geschehen war; als er sie mit der scrupulösesten Aufmerksamkeit mafs, fand er sie ganz genau ¼ Cubikzoll. Da

er aber in mehreren Versuchen (*Opuscul. phisiq. et chim. T. I. Chap. IX.*) gefunden hatte, daſs ein Gran Phosphor ohngefähr drei Cubikzoll Luft beim Brennen verzehrt, so muſste ein sechstel Gran einen halben Zoll absorbiren, wodurch die wirklich durch die Verbrennung der Kerze bewirkte Verminderung auf ein Viertel Cubikzoll reducirt wird. Die Glocke hatte einen Umfang von 72 Cubikzoll; will man nun die Verminderung um ein viertel Cubikzoll nicht einen geringen Fehler beim Messen zuschreiben, so betrüge die durch die Verbrennung der Kerze in der gemeinen Luft bewirkte Verminderung nur $\frac{1}{188}$, was man nach ihm für 0 ansehen kann, besonders wenn man bedenkt, daſs eine sehr geringe Veränderung in der Temperatur des Orts, wo der Versuch angestellt wurde, diese Abweichung hervorbringen konnte.

Weil die diesmal angewandte Glocke sehr lang und sehr eng war, so glaubte er, es sei möglich, daſs die Kerze nicht so lange gebrannt hätte, als sie es würde gethan haben, wenn das Gefäſs niedriger und die Circulation der Luft in seinem Innern leichter gewesen wäre. Er fing deshalb diesen Versuch in einer breitern und niedrigern Crystallglocke von Neuem an, deren innerer Umfang nur 30 Cubikzoll betrug. Die Umstände waren bei dem Versuche genau dieselben als beim vorigen; der Phosphor wurde auf dieselbe Art mit einem glühenden Eisen angezündet, dieser theilte die Flamme der Kerze mit, und die Umfangsverminderung nach der völligen Erkaltung des Apparats betrug einen halben Cubikzoll, welches genau mit der Absorbtion übereinstimmt, welche das ein Sechstel Gran Phosphor, wenn es allein unter derselben Glocke verbrannt wäre, würde bewirkt haben. Die Verbrennung der Kerze hatte also keine merkliche Verminderung in dem Luftvolum hervorgebracht.

Alle seine Versuche geben nach ihm folgende Resultate: 1) Das Verbrennen der Kerzen vermindert das Luftvolumen worin man sie verbrennt nicht merklich. 2) Dieses Verbrennen verändert ohngefähr ein Zehntel des Luftvolums in luftförmige Kreidensäure; 3) Steht die Luft, in der eine Kerze gebrannt hat mit Wasser, Kalkwasser oder kaustischen Laugensalze in Verbindung, so entsteht eine Verminderung des Volums von ein Zehntel, die von der Absorbtion der luftförmigen Kreidensäure herrührt *). Die atmosphärische Luft enthält nach seinen Versuchen ohngefähr ein Viertel ihres Umfangs an reiner und respirabeler Luft

*) Er macht hiezu folgende Hypothesen betreffende Bemerkungen. „Die Luft in der man auf diese Weise Kerzen hat verbrennen lassen, ist, wenn man sie durch irgend ein Mittel von ihrem Antheile an luftförmiger Kreidensäure befreiet hat, nach *Priestley* und mehreren anderen Physikern zum Theil phlogistisirte Luft; sie glauben nemlich, daſs sich während des Brennens ein phlogistischer Ausfluſs aus den Kerzen mit der atmosphärischen

Luft; nun hat er gefunden, daſs das Brennen der Lichter nur $\frac{1}{10}$ in luftförmige Kreidensäure verwandelt; nimmt man also an, daſs das Luftvolum 100 vor der Verbrennung war, so müssen nach der Verbrennung 75 Theile atmosphärische Mofette zurück bleiben, und 15 Theile reine Luft; auch bemerkt er, daſs die Thiere noch in der Luft leben können, woiinn Lichter verbrannt sind, daſs man noch eine gewisse Portion Phosphor darin verbrennen könne, und daſs selbst nach diesem letztern Verfahren noch wenigstens 5 Theile vorzüglich respirable Luft (*air eminemment respirable*) zurück bleiben. Diese letzte Portion reiner Luft ist nach ihm mit atmospärischen Mofette so innig vereint, daſs er kein anderes Mittel als die Verbrennung des Pyrophors kennt, sie davon zu trennen. (*Mémoires de Mathematique et de Physique de l' Academ. à Paris, an.* 1777. *p.* 195 *ff.*) 1)

Corvinus (oder *Spielmann*) (*Historia aëris factitti, quam praeside Dr. Jacobo Reinb. Spielmann etc. solenniter defendet Joan. Frid. Corvinus Argentorat.* 1776.) setzte ein brennendes Licht auf einen Teller der mit Wasser angefullt war, und bedeckte es mit einer gläsernen Glocke, so, daſs der untere Rand von dieser ganz unter Wasser getaucht war; obgleich die in der Glocke eingeschlossene Luft durch die Hitze der Flamme verdünnt wurde, so brannte diese doch einige Minuten lang fort, und die ganze Zeit über stieg wenig Wasser aus dem Teller in die Glocke. Als hierauf die Flamme verlöscht war, und der Docht stark rauchte, so stieg plötzlich alles Wasser aus dem Teller in die Glocke, so daſs er genöthigt war, Neues hinzu zu gieſsen, von dem auch noch

rischen Luft vereine, und sie sättige. Ich hingegen glaube und habe für meine Meinung schon einige Beweise geführt, daſs dieser Rückstand der Verbrennung nur die Mofette ist, die drei Viertel der Atmosphäre beträgt, und mehr oder weniger von ihrem reinen und respirabeln Theile befreiet ist; und in der That bringt man dieselbe wieder in ihren vorigen Zustand zurück, wenn man ihr das Zehntheil respirabler Luft, das sie verloren hat, wieder giebt" (S. Stickgas und Sauerstoffgas). „Wäre nun die Luft phlogistisirt wie Hr. *Priestley* es behauptet, wäre sie durch irgend einen Theil, der sie ungesund mache, verunreinigt, so würde es nicht hinreichend sein, sie, um sie wieder in den Zustand der gemeinen Luft zu bringen, wieder mit dem zu versehn, was ihr fehlt, man müſste ihr auch noch nehmen, was sie zu viel hat*).

*) *von Humbold fand indessen, daſs sich die künstlichen Mischungen von Stickgas und Sauerstoffgas ganz anders als atmosphärische Luft verhielten.* (*Siehe Stickgas und Sauerstoffgas p.* 432. *d. B. I.*)

1) *Auch in diesen Versuchen stellt uns der groſse Lavoisier wieder ein nachahmungswürdiges Beispiel von der scrupulösen Genauigkeit auf, mit der der Naturforscher bei seinen Experimenten zu Werke gehen sollte. Möchten wir doch häufiger den Künstler mit dem Forscher in einer Person so vereint unter den Physikern antreffen, als sie uns dieser scharfsinnige Franzose verbunden darbot,* *v. S.*

ein Theil unter die Glocke trat; das Wasser welches in die Glocke eingedrungen war, nahm ohngefähr ihren vierten Theil ein. Als er ein anderes Mal an Statt des gemeinen Wassers Kalkwasser nahm, wieder ein anderes Mal Baumöl, und ein drittes Mal Quecksilber, so stiegen alle diese Flüssigkeiten auf eben die Art, als das gemeine Wasser, in der Glocke in die Höhe als die Flamme verloschen war; das Kalkwasser blieb noch einige Zeit nachdem es in die Glocke gestiegen war, klar und durchsichtig, endlich wurde es mit einem Häutchen bedeckt, welches nach und nach, so wie es in der freien Luft zu geschehen pflegt, indessen geschwinder, zu Boden fiel, und worauf ein neues Häutchen folgte, das auf eben die Art als das erste daselbst niedersank.

Gren (*Dissertat. inaug. phys. medic. sistens. Observationes et experimenta circa Genesin aëris fixi et phlogisticati, Hallae,* 1786. *p.* 38—39; Hermbstädts Bibliothek der neuesten Literatur, B. I. p. 268. Crells Beiträge zu den chemischen Annalen B. II. p. 320. f.) machte folgenden Versuch über diesen Gegenstand: Ein offener gläserner Cylinder, der oben verschlossen werden konnte, wurde über destilirtes Wasser in eine Schüssel gestellt, und die Höhe des Wassers, so wie die Höhe der übrigen Luft bemerkt; sie betrug 35 $\frac{11}{45}$ R. D. Cubikzoll. Als dieser Cylinder über eine angezündete Wachskerze in das Wasser gestellt, und dann gleich verschlossen wurde, drückte die Hitze das Wasser erst hinunter, dann stieg es aber in die Höhe, die übrig gebliebene Luft war nach Verlöschung der Flamme um 2 $\frac{3}{8}$ Kubikzoll vermindert, und die Kerze hatte 1 $\frac{1}{2}$ Gran verloren. Das Wasser zeigte nur sehr wenig fixe Luft durch die Probe mit Lackmustinktur. Unter einem andern Cylinder wurden 22 $\frac{1}{2}$ Kubikzoll gemeine Luft über Kalkwasser gesperrt, und eine Kerze hineingesetzt. Das Wasser stieg schnell, wurde mit einem Häutchen bedeckt; die Luft war nach dem Verlöschen um 1,708 R. Kub. Zoll vermindert, und die Kerze hatte einen Gran verloren. Derselbe Versuch wurde unter einer Glocke, die 188,780 Kubikz. atmosphärische Luft enthielt, gemacht, und durch Zugiefsen frischen Kalkwassers alle Entweichung der Luft verhütet 1) Das in die Glocke gestiegene Wasser nahm 20,970 Kubikzoll Raum ein, und wurde trübe, die zurückbleibende Luft war noch nicht völlig phlogistisirt, und die Kerze hatte 1 — 3 Gran Verlust. Denselben Versuch machte der Verfasser mit 22 $\frac{1}{3}$ Kubikzoll Luft über Quecksilber. Das Quecksilber stieg noch während die Kerze brannte in die Höhe, besonders aber, da sie verloschen war. Er ersetzte das Quecksilber das im Cylinder in die Höhe gestiegen war durch neu hinzu gegossenes, so dafs es aufsen eben so hoch stand als vorher. Die Luft hatte um 1,589 Kubikz.

1) *S. Lavoisiers oben gegebene Bemerkungen über diese Art von Versuchen.*

und die Kerze um 1 Gran abgenommen. Als er die übrig gebliebene Luft durch das Kalkwasser streichen liefs, erfolgte darin sogleich ein Niederschlag, und sie wurde etwas vermindert, aber weniger als beim ersten Versuche. Auch dann, wenn Wasser das 180° Fahr. warm war angewandt wurde, wurde die gemeine Luft schnell vermindert, und nach dem Erkalten fand sich die Verminderung des Raums wie beim vorigen.

Bouillon la Grange führt Folgendes hierüber (*Manuel etc. T. I. p.* 186.) an: Wenn man eine Glasglokke von einer gewissen Höhe auf einer Schüssel umkehrt, die zur Hälfte mit Wasser angefüllt ist, und in deren Mitte man eine brennende Wachskerze befestigt hat, so wird man bald bemerken, dafs die Flamme sich verkleinert, eine blaue Farbe annimmt, und verlöscht; das Wasser in der Schüssel steigt beinahe bis auf den vierten Theil der Glocke hinauf. Stellt man in die Schüssel mehrere brennende Wachskerzen von verschiedener Höhe, so wird die Verlöschung successiv erfolgen, und zwar wird sie bei der höchsten anfangen.

Kratzenstein sagt (Vorlesung. über die Experimentalphysik, sechste Auflage, Copenhagen 1787. p. 104) man erhalte phlogistische Luft, wenn man unter einem Glase öfters ein Licht, bis es von selbst auslösche, brennen lasse.

Nach *Parrot* (Gilberts Annalen, der Physik, B. XIII. St. 2. p. 203.) haben unzählige Versuche gelehrt, dafs eine brennende Kerze und glühende Kohlen, nachdem sie alles mögliche zur Zersetzung der atmosphärischen Luft gethan haben, noch 15 bis 16 P. C. Sauerstoffgas in derselben lassen.

Humboldt bemerkt (üb. unterird. Gasarten p. 202.) 220 Cubikzoll (ohngefähr ⅛ Kubikfufs gemeine Luft reichen nur etwa eine Minute zu, das Brennen eines gewöhnlichen Talglichtes zu unterstützen. *Halle* führt (Magie, B. II. p. 449.) an, ein Licht von mittlerer Gröfse könne in einem Maafse gemeiner Luft, welches 8 Pinten oder 8 Pfunde Wassermaas betrage, nicht länger als eine Minute brennend erhalten werden; wenn aber schon ein Licht nicht mehr in einer Luft brennen könne, so könne der Mensch noch einige Minuten darin leben.

Socquet erzählt (*Essai sur le calorique p.* 97. *ff.*) wenn man die atmosphärische Luft um den angezündeten Docht einer Lampe durch eine zusammendrückende Kraft, welche dem Gewichte von 4 Atmosphären gleich sei, verdichte, so werde die Wärme bald so stark, dafs sie die Lampe schmelze; wenn man aber im Gegentheile die Luft so verdünne, dafs ihr spec. Gewicht nur halb so grofs als in dem gewöhnlichen Zustande der Atmosphäre sei, so werde die Temperatur nur sehr niedrig sein, und wenn selbst die Luft aus reinem Sauerstoff bestehen sollte.

Cavallo führt (Abhandlung über die Natur und Eigenschaften der Luft aus dem Engl. Leipzig 1783. p. 197.) Folgendes über das Brennen in verdichteter Luft an: Wenn man Körper in verdichteter Luft anzündet, so verbrenne sie geschwinder, als in einem gleichen Volumen nicht künstlich comprimirter atmosphärischer Luft; die in einer gewissen Zeit dabei verzehrte Materie scheint, sich ziemlich wie die Menge der zusammengedrückten Luft zu verhalten 1)

Fischer sagt (phys. Wörterb. B. II. p. 490.) die Flamme werde durch Anblasen, welches beständig unverdorbene Luft hinzu führe, vergröfsert; blase man aber allzustark in die Flamme, so werde dadurch zum Theil die nöthige Hitze allzuplötzlich und zu stark vermindert, zum Theil werde auch der Ausflufs des brennenden Dampfs durch den Druck der Luft gehemmt, und dadurch die Flamme zerstreut, so dafs sie verlöschen müsse.

Nicholson bemerkt (allgemeine Bemerkungen über Lampen und Lichter, in Scherers allgemeinen Journal der Chemie, B. I. p. 474), dafs die verschiedene Intensität der Flamme, von dem gröfsern oder geringern Zutritte der Luft abhange, sehe man sehr deutlich, wenn man eine Lampe mit einem feinen Dochte unter eine Glasglocke setze, die oben mehr oder weniger verschlossen werden können, und unten vom Boden etwas abstehe. Werde der Luft ein freier Durchgang gestattet, so brenne die Flamme mit einer weifsen Farbe, nach Verhältnifs aber, wie man diesen einschränke, werde auch die Flamme braun, länger, flatternd und rauchend, erhalte aber bei Herstellung des Luftzutritts sogleich die vorige Helligkeit wieder 2).

1) *Er bemerkt dabei, dafs, wenn man Versuche dieser Art anstellen wollte, man sehr starke Gefäfse zu gebrauchen, und in denselben nur eine geringere Quantität Materie verbrennen müsse, weil sich aus den meisten brennenden Körpern eine elastische Materie entwickelte, die in Verbindung mit der verdichteten Luft einen sehr starken Druck gegen die Wände des Gefäfses ausübe, und es in Gefahr setze mit der gröfsten Heftigkeit zerbrochen zu werden.*

2) Der Umstand, dafs zur Unterhaltung der Flamme der Luftzutritt durchaus nothwendig ist, scheint uns darauf hinzuleiten, dafs Alles, was wir zum Feuerlöschen anwenden, als Wasser, Erde, Sand und dergl. nur als bedeckend, luftabhaltend, wirkt. Eben so glaubten von jeher die Naturforscher, dafs, da wie aus dem Obigen erhellt, die Intensität des Brennens in der atmosphärischen Luft mit der Gröfse der anwesenden Luftmenge im Verhältnifs steht, die Gebläse und das Löthrohr nur in so fern das Feuer verstärkten, als sie in gleichen Zeiten eine gröfsere Luftmenge und dadurch mittelbar eine gröfsere Wärmequantität der Flamme zuführten. In-

Nollet erzählt (*Histoire de l'Academ. à Paris an.* 1748. *p.* 39.) die mit Macht durch einen Blasebalg fortgestoſsene Luft verstärke die Flamme einer Lampe so sehr, daſs dadurch Glas und Metall geschmolzen werden könnten; *Kratzen-*

dessen scheinen Versuche, die der Herr Graf *v. Rumford* mit dem Löthrohr angestellt hat, zu erweisen, daſs das letztere bei den gewöhnlichen Versuchen, nur in so fern wirke, als es die wirklich in der Flamme schon befindliche Wärme auf einen angegebenen Punkt leitet. Er blieſs nemlich vermittelst des Löthrohrs in die klare helle Flamme eines eben erst geputzten Wachslichts zur Unterhaltung der Flamme untaugliche Gasarten, als kohlensaures Gas und Stickgas, und dann atmosphärische Luft und Sauerstoffgas, und fand daſs bei allen Versuchen die Wirksamkeit der Flamme gleichmäſsig verstärkt ward. Der Herr Graf bemerkt deshalb, daſs, wenn man durch Anblasen des Feuers die innere Stärke seiner Wärme zu vermehren verlange, man den Luftstrohm so anbringen müsse, daſs er das Verbrennen befördere; d. h. er muſs auf die entzündete Oberfläche des brennenden Brennmaterials geleitet werden, und nicht gegen den davor aufsteigenden rothglühenden Dampf oder die Flamme, in der wohl der Prozeſs des Brennens vollkommen vollendet ist; beobachtet man dieses, so ist es gewiſs, daſs die Wirkung des Anblasens ganz von der Beschaffenheit der Luft abhängt, deren man sich dabei bedient.

Wir wollen hier die Gelegenheit nicht vorbei gehn lassen, das was uns von der Geschichte des Blaserohrs, dieses bei Metallarbeiten so nützlichen Werkzeugs, zu Handen gekommen ist, anzuführen; wobei uns *Weigels* Versuch einer Geschichte des Blaserohrs (in Crells Beiträg. zu den chem. Annalen B. IV.) trefflich zu Statten kommt.

Geschichte des Blasrohrs.

Die Zeit der Erfindung des Blaserohrs kann eben so wenig als dessen Erfinder mit Gewiſsheit nachgewiesen werden. *Weigel* sagt (bei *Crell* a. a. O. p. 264). Wer das Feuer anblasen wollte, ohne sich demselben zu sehr zu nahen, oder es auch auf einzelnen Stellen verstärken wollte, konnte auf die Anwendung eines Rohres fallen, und mogte in den ältesten Zeiten das Schilf dazu anwenden, bis man die Kunst erfand, Stäbe zu Röhren auszuhöhlen, und endlich zur Erfindung der Blasebälge geheitert wurde (Beckmanns Beiträge zur Geschichte der Erfindungen B. I. p. 1319). Metalllöthungen und die Verfertigung feiner Glasarbeiten mögen zur Einrichtung des jetzigen Blaserohrs und Nutzung desselben bei einer Lampe die erste Gelegenheit gegeben haben.“ Noch im Jahre 1613 forderte

stein sagt (Vorlesungen über Experimentalphysik, sechste Auflage, Copenhagen 1787, p. 156) die mit dem Lötröhrchen geblasene Flamme gebe gar keinen Rauch. *Rosenthal* führt (Magie, B. VIII. p. 124) an, der Luftstrohm des

Libav zum Circulirgefäfse, das hermetisch versiegelt werden sollte, ein kugelichtes Gefäfs mit einer langen Röhre, welche am Feuer zusammenfliefsen sollte (*Apocalyps. Hermet. pars post.* im *syntagm. arcanor. chym. T. II. Heft* 1. *fol. p.* 356); es scheint also der Handgriff die Röhre dünn auszuziehen und hernach mit Hülfe eines Blaserohrs zu schmelzen der Zeit noch nicht üblich gewesen zu sein, ob man gleich vermuthen darf, dafs das Werkzeug selbst, und sein Gebrauch beim Glasblasen damals schon erfunden, wenn auch nicht überall bekannt gewesen sei. Er hat vielmehr an einem andern Orte (*Rerum chym. epistol. form. descript. Lib. I. Frkf.* 1595. 8. *p.* 234—235) das Verfahren beschrieben, die Röhre zwischen glühenden Kohlen an einem Ofen, bis zur Erweichung zu erhitzen, und dann mit einer glühenden Zange zusammen zu drücken, und umzudrehen, und bezieht sich dabei auf *Ulstad*, bei dem man es auch (*Coelum Philosophorum*, Frkf. a. M. 1551. Fol. Exp. XX. B. XXIV.) ausführlicher angegeben findet. Bei den Alchymisten findet sich also nichts über die Erfindung des Blaserohrs; man müfste sie daher wohl bei den Schriftstellern von Metallarbeiten und Glasarbeiten suchen. In Ansehung der erstern ist die Erfindung des Löthens ziemlich alt angegeben. *Glaucus feruminationem reperit* heifst es in dem Verzeichnisse der Erfinder (*de Inventoribus rerum diversarum Catalogus etc.*) hinter dem Inhalt der Kapitel vor *Polydori Vergilii Vrbinatii de rerum inventoribus libri octo*, *Basil.* 1570 *und* 1590 und im Buche selbst lib. II. Cap. XIX: *Compactionem ferri Glaucus Chius teste Herodot. in I. excogitavit*, *Auri conflaturam ipse Cadmus ut ait Plinius invenit* (in beiden Ausgaben p. 173). In *Herodot. Hist. Lib. IX.* Frkf. 1608. L. I. Cap. XXV. p. 10. ist von einer kleinen eisernen Schale die Rede, welche gelöthet (κολλητον) und eine Arbeit des *Glaucus* von Chio wäre; der zuerst das Löthen (κολλησιν) des Eisens erdacht hätte. Ueber die Zeit des ersten Gebrauch des Löthrohrs ist aber, so viel wir wissen, nichts aufgefunden. *Plinius* redet z. B. von dem Lothe zum Golde und andern Metallen (Lib. XXXIII. der Ausgab. Basil. 1554. fol. p. 581) aber erwähnt nicht die Weise der Löthung. Eben so *Polydor. Vergil.* a. a. O. *Plinius* erwähnt auch die bekannte Meinung von der Erfindung des Glases, die zweifache Schmelzung und die Bildung durch Blasen (*Hist. mundi Libri* XXXVII. Basil. 1545. Fol. Lib. XXXVI. Cap. XXVI. p. 642

Löthrohrs treibe die Flamme seitwärts, und diese erscheine auf eine doppelte Art: innerlich kegelförmig zugespitzt blau, und in der Spitze dieser blauen Farbe sei die stärkste Hitze; äufserlich aber dunkelgelb und unbestimmt gestal-

bis 643. *Et aliud*, heifst es daselbst, *flatu figuratur, aliud torno teritur, aliud argenti modo caelatur.*) u. s. w.; auch die Sage von dem erfunden gewesenen biegsamen Glase, ob er sie gleich mehr bekannt als gewifs nennt; er würde also wahrscheinlich der Anwendung des Blaserohrs zum Glasblasen vor der Lampe mit gedacht haben, wenn sie ihm bekannt gewesen wäre. Dürfte man diese Muthmafsung annehmen, und das Blaserohr für eine Erfindung späterer Zeiten halten, so mögte ein ähnliches Stillschweigen bei andern Schriftstellern, bei denen man es sonst erwähnt zu finden erwarten könnte, es wahrscheinlich machen, dafs wenigstens die Anwendung zum Glasblasen vor der Lampe, nicht viel vor dem Ende des 16. Jahrhunderts ihren Anfang genommen habe, oder bekannt geworden sei. Denn so beschreibt *Agricola* das Verfahren der Glasmacher (Bergwerkbuch, Basel 1621. Fol. Buch XXII. p. 483—491; die lateinische Urschrift *de re natallica, Lib.* XII. Basil. Fol. soll zuerst im Jahre 1421. herausgekommen sein, nach *Boehm. Bibl. Hist. nat.* P. IV, Vol. I. p. 16.) ausführlich, ohne dieser Arbeiten im Kleinen zu gedenken, da er doch zwei Jahre, wie er angiebt, zu Venedig gewesen war (a. a. O. p. 491), und von *Pancerolli* (*Rerum memorabilium pars prior, Comment illustr. et auct. ab Henr. Salmuth, Frf.* 1660, 4. Tit. XXXVI, p. 123) findet man so wenig, als von seinem Uebersetzer das Blasrohr, oder Glasblasen vor dem Lampe erwähnt. Auch *Polydorus Vergilius*, der doch so Manches erwähnte, der Erfindung der Bearbeitung der Metalle, des Feuerschlagens der Blasebälge und der Lampe ein eigenes Kapitel widmete (*de rerum inventor. lib.* II, cap. XIX), hat hier so wenig, als in dem Kapitel von Erfindung des Glases (lib. II, Cap. XXII) das Geringste vom Blaserohre. Indessen kann man aus einem solchen Stillschweigen nicht sicher auf einen Mangel an Kenntnifs der Sache schliefsen. Findet man doch selbst noch nach der Mitte des 17ten Jahrhunderts bei *Ant. Neri*, der doch ein eigenes Werk vom Glasmachen schrieb (*Ant. Neri de arte vitriaria et in eosdem Ehph. Merretti Observ. et Notae. Amstel.* 1668, 12. vom Anfang bis p. 132. Die Urschrift, *l'Arte vetraria dell R. P. Ant. Neri* kam zu Florenz im J. 1661 heraus), nichts vom Blaserohre und Glasblasen vor der Lampe, ob es gleich zu der Zeit sicher im Gebrauch war: selbst sein Erklärer *Merret* erwähnt dasselbe nicht, ob er gleich zu den Merkmalen des Glases die Biegsamkeit des dünnen, und dafs es zu Faden ausgezogen, nach dem

tet, welcher Theil der Flamme auch eine viel stärkere Hitze errege. *Fourcroy* sagt (*Encyclop. méthod. Chimie III.* p. 182), wenn man die Flamme, die das Löthrohr hervorbringt, genau prüft, so bemerkt man, dafs es zwei leicht von

Biegen wieder gerade würde gerechnet, auch unter der Anwendung des Glases im gemeinen Leben die Versuche mit den Thermometern angeführt hat, deren Verfertigung und Zuschmelzung vor der Lampe ihm doch bekannt sein mufste. Dürfte man indessen annehmen, dafs zu den ersten Wärmemessern gleich Röhren mit vor Lampe daran geblasenen Kugeln gebraucht wären, so mögte man dadurch ebenfalls bis zu dem Ende des 16ten Jahrhunderts zurück kommen, nur dafs man auch hierüber schwerlich zu einer vollkommenen Gewifsheit kommen wird, wie bei der schon früher gegebenen Geschichte der Thermometer (B. II, p. 342 f) angeführt ist.

Gegen die Mitte des 17ten Jahrhunderts ist das Glasblasen vor der Lampe schon weit getrieben, und man findet um diese Zeit mehrere Instrumente, die dadurch verfertigt zu werden pflegen, erwähnt, z. B. Wärmemesser jetziger Art, mit Weingeist gefüllt, welche zu Florenz erfunden sein sollen; dergleichen wenigstens schon im Jahre 1641 daselbst gewesen waren, und welchen der Grofsherzog *Ferdinand II.* ums Jahr 1694 eine verbesserte Einrichtung gab. (*Targioni Tozzetti Notizie degli aggrandim. delle scienze fisiche accad. in Toscana nel corfo di anni LX dell Seculo XVII, T. I, in Firenz*, §. *XXVI, p.* 150.) Auch *Torricelli* bediente sich zugeschmolzener Röhren im Jahre 1643 zu seinen Versuchen mit der von ihm benamseten Leere u. s. w. In den Versuchen der *Academia dell Cimento* werden Senkwagen, Wärmemesser und andere Werkzeuge erwähnt, und als eine Arbeit von Künstlern beschrieben, welche sich ihrer eigenen Wangen als eines Blasebalgs bedienten, ihren Athem durch ein Instrument (*organo*) von Krystallglase in die Flamme einer Lampe bliesen, dieselbe nach ihrem Bedürfnisse ganz oder getheilt ausbliesen, dadurch sehr feine und wunderbare Arbeiten von Krystallglase bewirkten und Bläser genannt wurden (*Appendice quarta, che comprende le Memorie dell' Acad. del Cimento*, in *Targ. Tozzetti Notiz. T. II, P. II, p.* 382—383; *Tentam. Experim. capt. in Acad. del Cimento; in latin. serm. convers. a P. v. Musschenbroek*, Weigels Ausz., *Vienn. Prag et Tergest.* 1756. 4. p. 2) woraus erhellet, dafs das Glasblasen bei der Lampe schon völlig im Gange, und ein besonderes Gewerbe gewesen, indessen damals noch für eine an andern Orten nicht sehr bekannte Sache gehalten sein mufs. *Kircher* erzählt bei der Gelegenheit, da er die Weise beschreibt, wie die Büschel feiner Glasfäden verfertigt werden, welche man sonst zum Kopfputze gebrauchte, und

einander unterscheidbare sind, von denen die äufsere braun, flackernd und unbestimmt, die innere konisch, blau, sehr spitz ist, und eine viel stärkere Hitze als die äufsere hervorbringt. Die, welche die Mineralogie in chemischer Hin-

und unter den Namen der Sultane kannte; wie er den Glasbläsern oft zugesehen habe, sei er auch einst gefragt worden, ob er nicht ein Werkzeug kenne, wodurch das ermüdende Blasen mit dem Munde ersetzt werden könnte, und er habe hierauf eins dieser Art angegeben. Er habe nemlich zwei Blasebälge der Art, wie man sie in tragbaren Orgeln habe, machen, in eine Windlade leiten, und aus dieser eine feine Röhre nach dem Dochte der Lampe führen lassen, so, dafs der Arbeiter die Bälge nur durch abwechselndes Treten mit den Füfsen hätte heben dürfen, während ihres Senkens Mufse zum Arbeiten gehabt, und die Bälge ohne Blasen mit dem Munde ein hinlängliches und sehr heftiges Gebläse geliefert hätten. (*Mund. subterran. X, II; Amstel.* 1665, *fol.* p. 454.) Da die Zueignungsschrift vor dem zweiten Bande seines Werks im Jun. 1663 unterzeichnet ist, so ist diese Anwendung der Blasebälge beim Blaserohr vor diesem Jahre zu setzen, obgleich aus der zuvor angeführten Nachricht erhellet, dafs die Glasbläser sich noch im Jahre 1666 ohne dieselbe beholfen haben, welches nicht auffallend sein kann, da Redakteur selbst im Jahre 1800 zu Braunschweig herum reisende Glasbläser sah, die keinen Blasebalg bei sich führten.

Wann ein doppelter Blasebalg an die Stelle zweier einfacher gesetzt sei, wissen wir nicht. Auf der Platte zu der Beschreibung dieser Arbeiten in Kunkels Glasmacherkunst (dritte Edit. Nürnberg 1743; auf dem Titelkupfer steht 1744, p. 398 f.) ist einer unter dem Tische angebracht gezeichnet, der nach der Beschreibung durch angebrachte Röhren mehrern Lampen zugleich Wind liefert. Wäre dieses schon bei der ersten Ausgabe, die uns nicht zu Gebote steht, zu finden, so hätte man den Zeitpunkt dieser Verbesserung vor das Jahr 1679 zu setzen. Eben da ist auch angeführt, dafs diese Instrumente einem Chemiker sehr nützlich wären; unter andern dürfte man, wenn man ein wenig metallischen Kalk oder dergl. gerne zusammen schmelzen, und sehen und probiren wolle, was es für ein Metall halte, nur eine Kohle ein wenig aushöhlen, den Kalk, oder was man schmelzen wolle, hinein thun, und durch ein solches Röhrchen die Flamme eines starken Lampendochts darauf blasen, welches sehr geschwinde von Statten gehe, auch kein Lötchen gebraucht werden könne. Derselbe führt auch anderwärts (*Calor chym.* Th. I, Cap. V, der Ausgabe, Hamburg und Leipzig 1716, 8. p. 65) das Löthen bei den Goldschmieden, oder bei den

sicht bearbeitet haben, bemerkten, daſs diese Flammen einige sehr verschiedene und zwar entgegengesetzte Wirkungen auf dieselben Körper hervorbrachten; indessen haben sie das mit einander gemein, daſs sie diejenigen Substanzen er-

Lampenbläsern an, wie diese vermittelst des wenigen Lichts Gold, Silber, Spiesglas, Glas u. s. w. zum Flusse bringen könnten, und zwar in solcher Schnelligkeit, als es in starken Windöfen nicht möglich sei.

Man hätte diesem zu Folge auf die Anwendung des Blaserohrs zu chemischen Versuchen früher gedacht, als sonst wohl geglaubt ist; und also kann *von Swab* schon hienach nicht für den ersten gelten, der es zur Untersuchung der Mineralien gebraucht hat, denn dieses ist nach *Bergmann* (*Comment. de Tubo feruminat.*; im *introit.*) erst ums Jahr 1738 geschehen. In dessen Aufsätzen in den Abhandl. der Stockholmer Akademie ist es indessen erst im Jahre 1748 (*Berättelse om en Nativ Regulus Antimonii eller Spets Glas-Kung*, §. 3 in *Kongl Vet. Ac. Handl. för Ar.* 1748, *Vol. IX, p.* 100; Bericht von einem gediegenen *Regulus Antimonii* §. 3 in Kön. Schwed. Akad. der Wissens. Abhandl. auf d. J. 1748, B. X, pl 101), und darauf im Jahre 1758 (*Rön och Forsök med mineraliska Gelatiner etc.* §. 3 *in K. Sv. Vet. Ac. Handl.* 1758, *Vol. XXI, p.* 283; Vers. mit mineralischen Gallerten etc. §. 3 in Königl. Schwed. Ak. Abh. 1758, XX, p. 270) mit dem rothen Zeolith von Aedelfors. Uebrigens versichert auch noch *von Engeström* (*Tal om vissa scarigheter och andra omständigheter, som möta vit utofrandet of Chemien, hallet för Kongl. Vet. Acad. vid Praesid Nedlägg d.* 6 *Nov.* 1782, *Stockh.* 1782. 8. *p.* 16) daſs *von Swab* hierin nicht, sondern *Cronstedt* für den Erfinder zu halten sei; *von Swab* auch dem *Cronstedt* die Ehre der Erfindung des allgemeinen Gebrauchs des Blaserohrs bei der Untersuchung der Mineralien zugestanden habe. Wann dieser den Anfang damit gemacht hat, wissen wir nicht; nach der Zeit seiner bekannt gemachten Vorschläge und Versuche würden erst *Cramer*, *Zimmermann* und *Rinmann* zu erwähnen sein. *Cramer* hat das Löthrohr wohl zuerst unter dem Geräthe für den Probirer in einem Handbuche für denselben mit aufgeführt. In seinen Anfangsgründen der Probirkunst ist es zur Schmelzung kleiner Metallstücke oder zu ohne Präparatur anzustellenden Prüfungen anderer Dinge in kleinen Stücken empfohlen. Man sollte diese nemlich in eine Grube auf eine Kohle legen, und sie so der Flamme einer Lampe mit einem starken Dochte aussetzen, zur Bewirkung der stärksten Hitze einige Kohlen von der Gröſse einer Haselnuſs um das zuschmelzende Stück legen, so, daſs es nur auf einer Seite für den Zugang der Flamme frei bleibe. Man könne

hitzen, schmelzen, und verflüchtigen, die fähig sind, diese verschiedenen Zustände anzunehmen. Aber die äufsere Flamme oxydirt oft, was die innere desoxydirt.

so selbst Eisen schmelzen, noch leichter mit zugesetztem Borax. Das Blaserohr sollte aus Kupfer verfertigt werden, und mit einer einen Zoll weiten Kugel versehen sein, um die Flüssigkeiten des Athems zu sammeln. (*Joh. Andr. Crameri Elementa art. docim. Ed. alt. P. I, L. St.* 1744, §. 296.) In seiner Metallurgie ist ein Theil dieser Aeufserung wörtlich wiederholt, aber blos eines gekrümmten Löthrohrs erwähnt, auch ohne Kugel gezeichnet, hingegen zugesetzt, dafs man diese Arbeit auch vermittelst eines kleinen, an einem Tische befestigten doppelten Blasebalges verrichten, und das Feuer zu einer sehr hohen Stufe treiben könnte, wenn 2 oder 3 Röhren der Art angebracht würden, welche durch eine Lampe bliesen, und die Flamme in einen Brennpunkt zusammen führten. (Anfangsgründe der Metallurgie — durch J. Andr. Cramer, Th. I, Blanckenb. und Quedlinb. 1774, Fol. §. 298, Tab. XVIII, Fig. 5.)

Zimmermann schlug in seinen Anmerkungen zu Henkels Abhandl. vom Ursprunge der Steine, §. 91, wo derselbe ein heftiges Feuer fordert, um einige Edelsteinarten zu schmelzen zu Versuchen der Art im Kleinen eine bei einem doppelten Blasebalge angebrachte Lampe vor, vermöge welcher Einrichtung man die Flamme des Dochts auf den zu schmelzenden Stein in einem im Ofen zwischen Kohlen recht weifs glühenden Tiegel also richten sollte, dafs sie, wie er sich ausdrückt, nicht stäche, sondern flächlings triebe, und versicherte, man würde mit Verwunderung sehen, wie leicht und bald einige und die mehrsten Steine im kleinen Feuer zu bezwingen wären, foderte aber dazu besonders ein schnelles Zublasen. (J. Henkels kleine mineral. und chem. Schriften, mit Anmerk. von C. S. Zimmermann, zweite Aufl. Dessau und Leipzig 1756, 8. p. 436 ff.)

Rinmann gebrauchte darauf das Löthrohr zu einer Art Saigerung, bei einer im Jahre 1746 bekannt gemachten Untersuchung (*Anmärkning om en art Jernhaltig Tennmalm ifran Dannemo etc.* §. 9, *in K. Sv. Vetenskap. Acad. Handl.* 1746, *Vol. VII, p.* 131; Anmerkung über eine Art Zinnerz etc. §. 9 in Königl. Schwed. Akad. d. Wissensch. Abhandl. 1746, B. VIII, p. 135) und hat auch in der Folge in verschiedenen Abhandlungen mit demselben angestellte Proben angeführt.

Cronstedt gedachte des Löthrohrs zuerst im Jahre 1751, bei Gelegenheit seiner Versuche mit dem Nickel (*Ron och Forsokgjorde med en Malm-art fron Los Kobolt-Grufuor etc.* §. 8 *in K. Svensk. Vetensk. Ac.*

Handl. 1751, *Vol. XII, p.* 289; Versuche mit einer Erzart von der lockern (soll heifsen zu Los befindlichen) Koboltgrube in Helsingeland §. VIII, in Königl. Schwed. Akad. der Wissensch. Abhandl. B. XIII, p. 295), auch nachher gelegentlich anderwärts, und hat wohl eine vorzügliche Anwendung desselben zum Behufe seines Versuchs einer Mineralogie (*Försöktil Mineralogie, aller Mineral-Rickels Uppställning, Stockholm* 1753. — Versuch einer neuen Mineralogie, a. d. Schw. Kopenh. 1760, 8.; Cronstedt's Versuch einer Mineralogie, verm. durch Brünnich, Kopenh. und Leipz. 1770, 8.; Axel von Cronstedt's Versuch einer Mineralogie; aufs Neue aus dem Schwed. übers. mit Anmerk. und äufs. Beschreib. der Fofsilien v. A. G. Werner, B. I, Th. I, Leipzig 1780, 8.) gemacht, welchen er im Jahre 1757 ausarbeitete, woselbst bei einigen Versuchen, z. B. mit Granaten (im angef. *Försök* §. 68) das Löthrohr ausdrücklich erwähnt ist. Nach von *Engeströms* Zeugnifs hat *Cronstedt* bei dem Gebrauche desselben zuerst eine solche Verbesserung angebracht, als erforderlich war, damit solches zu der Untersuchung der mehrsten Mineralien angewandt werden konnte, auch zugleich einige andere zur Anstellung solcher Versuche nöthige Einrichtungen erfunden, welche zusammen in eine kleine Kiste gepakt werden konnten, die wegen der Bequemlichkeit sie besonders auf Reisen bei sich zu tragen, ein Taschenlaboratorium genannt wurde. Derselbe versichert auch, dafs der Versuch der Mineralogie nicht, wie von *Linné* gemeint hatte, von *Swab's*, sondern *Cronstedt's* eigene Arbeit sei, auch nicht jener, sondern dieser der Erfinder des vorzüglichsten Gebrauchs des Blaserohrs bei Untersuchung der Mineralien sei.

Wallerius führte im Jahre 1759 ein messingenes Blaserohr zuerst in einem chemischen Handbuche (*Chem. Phys.* D. I, Cap. 4, §. 3, N. 33) unter dem Geräth eines Scheidekünstlers an, ohne indessen über den Gebrauch sich weiter auszulassen. *Zimmermann* hatte zwar schon früher (Allgem. Grundsätze der Chem. B. II, Dresden 1756, 4. p. 1284) das Löthrohr, aber nur gelegentlich beim Nutzen des Boraxes zum Löthen der Minerale erwähnt. *Halle* hat das Löthrohr unter den Instrumenten der Goldarbeiter (J. Sam. Halle's Werkstädte der heutigen Künste, B. I, p. 118, Brandenburg und Leipzig 1761, 4.) nur genannt, bei Gelegenheit des Glasarbeiters aber das Glasblasen bei der Lampe ausführlich, und dabei besonders die Anwendung eines unter einem Tische angebrachten doppelten Blasebalgs beschrieben, auch dabei erwähnt, dafs man auf diese Weise mit der Spitze der Flamme Metalle in einem Grübchen einer Kohle schmelzen, wie auch mit dem Blaserohre allein kleine Proben von Metallen auf einer Kohle, oder

andern feuerfesten Sachen im Kleinen schmelzen und untersuchen könne. (A. a. O. B. III, 1764, p. 158 ff.)

Hernach hat *Quist* im Jahre 1766 in einem Brief an Hrn. *Rinmann* (Fernere mineralog. Unters. d. Brasilianischen Tourmalins in Königl. Schw. Akad. der Wissens. Abhandl. B. XXVIII, §. 1, p. 115) und in der Folge vom Jahre 1767 an in verschiedenen Abhandlungen einzelne mit dem Blaserohre angestellte Versuche bekannt gemacht.

Bergmann hat seit dem Jahre 1768 in verschiedenen in den Schriften der Stockholmer Akademie und seinen physisch chemischen Werken zerstreuten Abhandlungen gelegentlich auch Versuche mit dem Luftrohre erwähnt, es im Jahre 1776 in einem Briefe an den schwedischen Erzbischoff *Uno von Troil* mehrere Versuche mit dem Löthrohre bekannt gemacht, auch eine eigene Abhandlung vom Blaserohre versprochen (Briefe, welche eine von Hrn. Dr. Uno von Troit im Jahre 1772 nach Island angegestellte Reise betreffen; a. d. Schwed. Upsal und Leipzig 1779, 8.; Fünfundzwanzigster Brief von Hrn. Prof. und Ritter Bergmann, Stockholm d. 22. Jun. 1776, p. 300 ff.); diese ward von ihm im Jahre 1777 dem Hrn. *von Born* zugesandt (Bergmann *Opusc.* Vol. II, p. 455 Anmerk. *), der sie zwei Jahre darauf sowohl in einem gesellschaftlichen Werke (Abhandl. vom Gebrauche des Löthrohrs bei Untersuchung der Mineralien von Torbern Bergmann; in den Abhandl. einer Privatgesellschaft in Böhmen, zum Druck befördert von Jgn. Edlen von Born, B. IV, Prag 1779, 8. p. 254 ff.), als auch besonders (*Torbern. Bergmann Commentatio de tubo ferruminatorio, eiusdemque usu in explorandis corporibus praesertim mineralibus. Ex Actorum Societatis Litterariae Bohemicae, Tom. IV, Vindob.* 1779, 8.) herausgab, und welche in der Folge in Bergmann's Werken vermehrt erschienen ist. Das in dieser Abhandlung beschriebene Blaserohr ist aus Silber verfertigt, und besteht aus 3 Stücken; einer geraden allmählig verengten Röhre, in welche man bläset, und welche mit einem Zapfen in das Mittelstück gesteckt wird; dieses hat keine kugelichte Gestalt, sondern die einer halben Scheibe, und in den an einer Seite derselben angebrachten Ansatz wird die fein ausgezogene Röhre, welche den Wind zur Flamme führt, ebenfalls mit einem Zapfen hinein gesteckt. Dadurch, dafs sich dieses in drei Stücke auseinander nehmen läfst, das Mittelstück leichter, als eine Kugel aus Blech zu verfertigen ist, die Zapfen feiner, als eine Schraube, mithin das Instrument leicht genug werden, und doch schliessen könne, empfiehlt sich die Einrichtung desselben vor dem Cronstedt'schen; indessen wird es, wie *Weigel* (in Crell's Beiträgen z.

d. chem. Annalen, B. IV, p. 407) bemerkt, ungleich schwerer durch ein danach angefertigtes Blaserohr ein Gebläse zu unterhalten, als durch das Gewöhnliche der Glasbläser, welches theils von der Gestalt, theils von der Enge des Mittelstücks herrühren mag. Ferner hat *Bergmann* hier den silbernen Löffel zu Untersuchungen, wo die verbrennlichen Körper zu vermeiden sind, oder die Kohle den zu untersuchenden Körper oder den Flufs verzehrt, z. B. beim Schmelzen mit Natrum, welches sich in die Kohle zieht, und keine Perle giebt beschrieben. Indessen hat es nach *Weigels* Zeugnifs (a. a. O.) auch nicht allen gelingen wollen, die Versuche nachzumachen. Dann ist daselbst ein Leuchter mit zwei seitwärts abgehenden Blechstücken beschrieben, welche durch eine Schraube zusammen gebracht, und so an einem Tische befestigt werden können. Endlich ist auch zum Blasen der veränderte Handgriff vorgeschrieben, den Docht der Kerze nicht zu spalten, sondern, nachdem er abgeschneuzt ist, krumm zu biegen, und queer über den Bogen in die Flamme zu blasen; auch ist der Unterschied der äufsern und innern Flamme angemerkt.

In den *Opusc.* ist ein Zusatz von Platina zur Härtung des Rohrs empfohlen, auch eines goldenen Löffels gedacht, dessen Gebrauch in der Folge auch anderwärts erwähnt ist. *Nollet* lieferte im Jahre 1770 eine Beschreibung der Anwendung eines unter einem Tische angebrachten Blasebalgs mit einer guten Anleitung zu deren Nutzung beim Glasblasen (die Kunst physikalische Versuche anzustellen, vom Hrn. Abt Nollet, B. I, Leipzig 1771, 8. p. 174 ff.), und schlug auch an Statt des Blasebalges eine Windkugel vor. Der Anwendung derselben, obgleich nicht bei der Lampe, sondern überhaupt zum Anblasen des Feuers hatte ehedem schon *Cramer* erwähnt, aber wegen schwererer genauer Regierung und anderer Unbequemlichkeiten nachgesetzt. (*Elem. art. docim. ast* P. I, §. 297; Anfangsgründe der Metallurgie, Th. I, §. 297.) Dergleichen führte noch nachher Herr *Cancrinus* (Berg- und Salzwerkskunde, Th. II, Probirkunst, Frankfurt am Mayn 1773, 8. §. 212, Tab. X, Fig. 25) als zuweilen gebräuchlich an. Die von *Nollet* erwähnte sollte an ein Drittheil mit Branntewein gefüllt auf einem Gestelle vor der Lampe stehen, und durch eine unter ihr angebrachte Lampe erhitzt werden, damit der Dampf durch die aus derselben herausgehende enge Röhre, nach der Schmelzlampe geleitet würde, und in die Flamme bliese. In demselben Jahre beschrieb *von Engeström* die vorgedachte Cronstedtsche Einrichtung eines Taschenlaboratoriums, in einer kleinen Abhandlung, welche er seiner englischen Uebersetzung des Cronstedt'schen Versuchs beifügte (*An essay towards a System of*

Mineralogy. By A. Fr. Cronstedt; translated from the Svedish Original by G. von Engeström, revised and corrected by Eman. Mendez da Costa, Lond. 1770, 8.), und welche bald darauf einzeln vom Herrn *Retzius* ins Schwedische übersetzt herauskam. (*Gust. v. Engeström Beskrifning of en mineralogisk Fick-Laboratorium; Stockholm* 1772, 8.) Das daselbst beschriebene metallene Löthrohr hat eine Kugel, und kann, wo die Röhre, in welche man bläst, in dieselbe hinein geht, aus einander geschroben werden, um es besser zu reinigen. Das Besteck enthält ausser demselben eine Kerze, einen Leuchter zu derselben, einen Hammer zum Abschlagen und zerdrücken, eine Eisenplatte mit einem auf dieselbe zu stellenden Ringe zur letztern Absicht, einen Feuerstahl, Magnet, Handvergröſserungsglas; eine Feile, Kornzange und drei kleine gläserne Flaschen, zu Borak, mineralischem Laugensalz und schmelzbarem Harnsalze. In der Abhandlung selbst ist der Gebrauch des Blaserohrs überhaupt, und die Anwendung zur Untersuchung sowohl der Mineralien überhaupt, als einiger einzelner Gattung derselben erörtert; und man kann dieselbe als die erste ausführliche Anleitung zu dem Gebrauche dieses Instruments für Scheidekünstler und Mineralogen ansehen. Uebrigens findet man auch in andern Abhandlungen des Herrn *von Engeström* gelegentliche Anwendungen des Blaserohrs zu Untersuchungen.

Im Jahre 1773 führte Herr *von Cancrin* das Löthröhrchen auch unter den Werkzeugen der Probirkunst an, um kleine Stücke Metall, oder anderer Minerale im Feuer geschwinde zu untersuchen, wobei das zu probierende mit der Flamme der Lampe untersucht werden sollte. (Fr. Ludw. Cancrinus erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde, Th. II, der die Probierkunst enthält, Frankfurt am Mayn 1783, 8. §. 212.) Das daselbst abgebildete hat eine Kugel, die aber zu groſs gezeichnet ist.

Seit dem Jahre 1774 hat *Scheele* gelegentlich Versuche mit dem Blaserohre bekannt gemacht (*Om Brunsten etc.* §. 42 ff. in *K. S. Vetensk. Acad. Handl.* 1774, Vol. XXXV, p. 185 ff.; Vom Braunstein etc. in K. Schw. Ak. d. Wissens. Abhandl. B. XXXVI, p. 191 ff.); auch bei den Versuchen mit dem Wasserblei im Jahre 1778 an Statt der Kohle ein Silberblech zur Unterlage gewählt, um die sich aus dem Rauche desselben u. s. w. beobachten zu können. In demselben Jahre sind bei der teutschen Uebersetzung des Engeström'schen Taschenlaboratoriums (G. Engeströms Beschreibung eines mineralogischen Taschenlaboratoriums, und insbesondere des Nutzens des Blaserohrs in der Mineralogie, a. d. Schwed. übersetzt, mit Anmerk. von C. E. Weigel, Greifswalde 1774, 8.) vom

Weigel unter andern Anmerkungen auch einige Handgriffe hinzu gefügt, und andere Zusätze gemacht, und bei der zweiten Auflage (Greifswalde 1782, 8.) diese Anmerkungen besonders durch Zusätze aus Bergmann's Abhandl. vom Blaserohre vermehrt.

Im Jahre 1775 erwähnte *Erxleben* in seinem Handbuche (Anfangsgründe der Chemie, Götting. 1775, 8. §. 72 auch des Schmelzens im Kleinen, durch die vermittelst eines Löthrohrs auf eine Kohle gerichtete Flamme einer Lampe, ohne weitere Erörterung.

Krünitz ertheilte in einem in demselben Jahre herausgekommenen Bande seiner Encyclopädie (Th. V, Berlin 1775, p. 564) unter dem Artikel Blasrohr nur eine kurze Nachricht von der Bestimmung desselben, beschrieb hernach aber in dem Artikel Glas (Th. XVIII, Berlin 1779, p. 650 f.) das Glasblasen bei der Lampe näher, und lieferte dabei die Zeichnung eines dazu gebräuchlichen Tisches mit einem darunter befindlichen Blasebalge, gab auch eine Nachricht und Zeichnung der von *Nollet* vorgeschlagenen Windkugel, und beschrieb daneben einen ähnlichen Apparat eines Italieners, der ein kugelförmiges Kännchen, dessen Deckel festgeschroben werden konnte, und welches mit einer fein ausgehenden Röhre versehen war, halb mit Wasser füllte, auf Kohlen setzte, und so den Blasebalg recht gut ersetzte.

Am Ende desselben Jahrs gab Hr. *Murray* eine Nachricht von einigen Versuchen des Hrn. *Ingenhouſs* mit dem Löthrohre (*Utdragaf Herr Prof. Ad. Murray Bref- Wien d.* 23. *Dec.* 1775, in *K. Ventesk. Acad. Handl.* 1775, Vol. XXXVI, p. 349 f.; Auszug aus Herrn Ad. Murray's Briefe in K. Schw. Ak. d. Wissens. Abh. B. XXXVII, p. 350 f.)

Gahn ist von *Bergmann* im Eingange seiner Abhandlung vom Löthrohre mit unter denen genannt, welche die Anwendung dieses Instruments zur Untersuchung in der Mineralogie sehr zur Vollkommenheit gebracht haben, und wird also auch hier vor dem Jahre 1777 zu erwähnen sein. Im Jahre 1777 erwähnte *de Morveau* in dem zu den Vorlesungen auf der Akademie zu Dijon bestimmten Handbuche den Nutzen der Schmelzlampe zu verschiedenen Arbeiten, bemerkte auch dabei, daſs man durch Vereinigung der Flamme mehrerer Lampen auf eine Stelle das Feuer nach Belieben verstärken, und so Schmelzungen und Verglasungen bewirken könne, welche man auf jede andere Weise vergebens versuchen würde. (*Elements de Chemie pour servir aux Cours publics de l'Academ. de Dijon* T. I, à Dijon 1777, 12. p. 36 ff.) Im Jahre 1783 beschrieb derselbe einen leicht transportirbaren chem. Apparat, wobei sich auch ein Blaserohr befand, *Descrip-*

(*Description et usage du necessaire chimique et de l'apparat d'experiences sur le rechaut à esprit de vin par de* Morveau, in den *Nouv. Mémoir. de l'Académ. de Dijon, pour la partie des sciences et arts. Prem. semestre* 1783, à Dijon 1784, 8. p, 159 ff.) und den Erfolg mehrerer Versuche über verschiedene Substanzen mit demselben. Derselbe wollte in der Folge die platzenden Kohlen zu Versuchen mit dem Blasrohre durch ein einstündiges Glühen verbessern; diese gaben aber darauf keine Flamme mehr, sondern glüheten ohne verzehrt zu werden.

Macquer hat in der zweiten Ausgabe seines Wörterbuchs der Chemie nur bei Gelegenheit des Feuers erwähnt, daſs man Glas und Eisen bei der Flamme einer Kerze eben so gut, und sogar schneller, als in den gröſsesten und heiſsesten Oefen, schmelzen könnte, und dieses blos von dem Verhältnisse des Umfangs des zu schmelzenden Stoffes zu dem Umfange des Feuers, das die Schmelzung bewirken sollte, hergeleitet (*Dict. de Chimie, second Edit.* T. II, à Paris 1778, 8. p. 189; P. Joh. Macquer's chem. Wörterb. v. J. J. G. Leonhardi, Th. II, Leipzig 1781, 8. p. 261), aber in der Uebersetzung desselben hat Hr. *Leonhardi* sowohl in einem besondern Abschnitte das Blaserohr und die Anwendung desselben beschrieben, als mit demselben angestellte Erfahrungen bei den Körpern, welche sie betreffen, angeführt, und dazu besonders *Bergmann's* Abhandlung benutzt.

Man war durch die bisher angeführten Verbesserungen des Blaserohrs und seiner Anwendung schon so weit gekommen, daſs man an kleinen Probirstücken mehrentheils die nemlichen Veränderungen der Schmelzung und andere Erfolge bewirken konnte, zu denen sonst eine umständliche und kostbare Einrichtung auch mehrerer Zeitverlust erforderlich war, wenn man sich des Gebläses oder der Oefen bedienen wollte. Man konnte vor dem Blaserohr Verschiedenes in wenigen Augenblicken in Fluſs bringen, daſs Pott in seinen berühmten Oefen nicht schmelzen konnte. (Scheffer chem. Vorles. Greifsw. 1779, 8. Bergm. Vorred. p. XXIII.) Aber durch die Entdeckung des Sauerstoffgas wurden die Wirkungen, die vermittelst dieses Apparats hervorgebracht werden konnten, noch sehr vergröſsert. Der Entdecker dieses Gas *Priestley* äuſserte zuerst, daſs es leicht sein würde, die Stärke des Feuers bis zu einer erstaunlichen Stufe zu erhöhen, wenn man anstatt mit gemeiner, mit dephlogistisirter Luft anblasen wollte. Er hatte diesen Versuch nemlich selbst in Gegenwart des Herrn *Magellan* angestellt, eine Blase mit solcher Luft gefüllt, und durch eine kleine Glasröhre auf ein Stück brennend Holz geblasen, bemerkte auch, daſs man

an Statt der Blase vielleicht ohne Schwierigkeit einen Blasebalg, der immer von einem grofsen Gefäfse dephlogistisirte Luft erhielte, würde gebrauchen können, vermuthete, dafs wohl Chemiker in verschiedener Hinsicht mit dieser Luft oder vielmehr der durch dieselbe hervorgebrachten Hitze vielmehr in ihrer Wissenschaft würden ausrichten können; und meldete, dafs Herr *Michell*, dem er diese Entdeckung erzählt habe, Gebrauch davon gemacht, und bemerkt habe, dafs man wahrscheinlich Platina vermöge dieser Hitze würde schmelzen können. (Vers. und Beobacht. über verschied. Theile der Naturlehre, Th. I, Absch. XX, - XXIII, p. 159 ff. Die Urschrift kam im Jahre 1779 heraus.) *Achard* (*Nouv. Mém. de l'Academ. des sc. et b. lett. à Berlin*, *ann.* 1779; *Rozier's Observ. sur la Phys.* T. XX, Nov. 1782, p. 371 ff.; Sammlung phys. und chem. Abhandlungen, von Fr. C. Achard, B. I, Berlin 1784, 8. p. 132 ff.) bediente sich aus dem Salpeter gezogenen Sauerstoffgas, füllte Blasen damit an, brachte dieselben durch gläserne Röhren in Verbindung mit einander, band an eine derselben ein Blaserohr, das gegen die Flamme einer kleinen Lampe gerichtet war. Hiedurch bewirkte er, dafs durch die nun weit mehr ausgedehnte, besonders an der Spitze blendend weifse Flamme ein Eisendrath ¼ Zoll im Durchmesser in 2 Sekunden so vollkommen geschmolzen ward, dafs das Eisen tropfenweifs abflofs, einige Platinakörner ebenfalls in einigen Sekunden zu einer runden Kugel flossen, und dergleichen ähnliche ausserordentliche Wirkungen. Nach *Achard's* Weise soll *Spielmann* Kupfer, welches er sonst nur in einer Stunde schmelzen konnte, in einer Viertelstunde in Flufs gebracht haben. (Ehrmann's Versuch einer Schmelzkunst etc. §. 33, Anm. IV, p. 43.) Herr *Achard* meinte deshalb auch, wenn man an eine Glasblaserlampe einen kleinen doppelten Blasebalg anbrächte, zu welchem die Luft durch geschmolzenen Salpeter geleitet würde, man sicher mit einer Lampe, deren Docht eine gewisse Stärke hätte, eine eben so starke Hitze, als durch Brennspiegel von einigen Fufs im Durchmesser würde bewirken können.

Gmelin erwähnte in der ersten Ausgabe s. Handbuchs (Joh. Fried. Gmelin's Einleit. in die Chemie, Nürnb. 1780, 8. §. 86) dafs man bei ganz kleinen Versuchen auch an einer Kerze oder Lampe mit dem Löthrohre eine sehr starke Hitze erregen könnte, und in der zweiten Ausgabe desselben ist auch der Anwendung der Lebensluft bei demselben gedacht (Grundrifs der allgemeinen Chemie, Th. I, Göttingen 1789, §. 100), und in beiden Messing zum Blaserohr empfohlen. (Einleit. §. 344; Grundr. §. 411.) *Jacobson* erwähnte (J. Karl Gottfr. Jakobson's technologisches Wörterb.

Th. I, Berlin und Stettin 1781, 4. Art. Blaseröhrchen p. 218.) das zum Löthen gebräuchliche einfache gekrümmte Blaserohr, ohne Kugel, anfänglich nur im Vorbeigehn, hernach aber die beim Glasblasen gewöhnliche Anwendung des Blasebalgs ausführlicher (a. a. O. Th. II. p. 101.) er beschrieb die Löthlampe (a. a. O. p. 537.) und das Löthröhrchen (p. 638.) genauer, in welchem letzten Abschnitte man auch den Vorschlag findet, im Nothfalle ein Stück einer Tabackspfeife an einem Ende zu verstopfen, und auf der Seite eine Kerbe hinein zu feilen, so dafs nur ein kaum merkliches Loch dadurch entstünde, und sich desselben alsdann an Statt eines Löthrohrs zu bedienen.

Auch beschrieb *Köstlin* (in Crell's N. Entdeck. Th. IV. Leipz. 1782, p. 3.) eine Einrichtung, die er beim Herrn v. *Born* gesehen hatte, da ein Blasebalg auf einem Tische liegt, und die Flamme einer Lampe auf den zu versuchenden Körper treibt. Bei Herrn *v. Born's* Apparate wird der Blasebalg durch eine Walze bewegt, Köstlin hat ihn zum Treten eingerichtet. Etwas Eigenthümliches bei dieser Vorrichtung, die der Hauptsache nach, wie angeführt, schon länger bekannt war, ist hier ein Gestelle, die Kohle zum Versuche zu tragen, welches vermöge einer Nufs in beliebige Richtung gestellt werden kann. *Köstlin* rühmte die gute Wirkung dieses Instruments schon vorher in einer andern Schrift, wo er vulkanisches Glas vermittelst desselben am Rande zum Schmelzen gebracht, und in einen weifslichen Bimstein ähnlichen Stoff verwandelt zu haben erwähnte. (*Fasciculus animadvers. physiol. atque min. chem. argum. Auctore C. H. Köstlin*, Stuttg. 1780, 4, III. §. v. p. 41.) Im Jahre 1782. beschrieb *Lavoisier* (*Mém. de l' Acad. à Paris an.* 1782, *à Paris* 1785. *p.* 457-65, *Histoir. p.* 28-31.; Crell's chem. Annalen 1788. S. IX. p. 62 ff. Alle drei Aufsätze wurden der Pariser Akad. im Nov. 1782. eingereicht) sein Verfahren, die Luft, welche man vom verkalkten Quecksilber erhält zur Verstärkung des Lampenfeuers anzuwenden. Er fing damit an, dieselbe aus einer Blase, durch eine mit einem Hahn versehene Röhre zu drücken, auf welche fein ausgehende Blaseröhren verschiedener Weite geschroben werden konnten, und vermogte so mit der Flamme einer Schmelzlampe auf einer Kohle Platina in wenigen Augenblicken zu einer Kugel zu schmelzen, welches durch das grofse Brennglas von Trudaine nur erreicht war, dafs also auf diesem Wege eine stärkere Hitze erhalten wurde. Da die Blasen zu wenig Luft fassen konnten, so erdachte *Lavoisier* einen hydrostatischen Blasebalg. Eine oben verschlossene, unten offene viereckichte blecherne Kiste wird nemlich in eine oben offene mit Wasser gefüllte, rund herum einen Zoll weitere ge-

senkt, indem die auf der Decke der ersteren angebrachten Hähne geöffnet sind, da denn die Luft ausgetrieben, und die Kiste mit Wasser angefüllt ist. Dann werden die Hähne verschlossen, und die nöthige Luft hineingelassen, welche in einer besondern Kufe mit Wasser aus einem gläsernen Kolben in einen Trichter gefangen, und durch das Niederdrücken desselben im Wasser, vermöge einer an denselben angebrachten biegsamen Röhre, in die Kiste zu gehen genöthigt wird. Eine andere Seitenröhre leitet die Luft aus der Kiste nach der Lampe, und kann, wie die vorhergehende durch einen Hahn verschlossen und geöffnet werden, in welchem letztern Falle die zusammengedrückte Luft mit Gewalt herausfährt, und den erforderlichen Luftstrohm zur Flamme liefert. Der dabei gezeichnete Tisch ist auch mit einem Blasebalg versehn, den man zu Arbeiten gebrauchen kann, zu denen ein minder heftiges Feuer zureicht. Körper die die Kohlen berühren dürfen, wurden in einer Aushölung einer schon angeblasenen Kohle dem Luftstrohm ausgesetzt, und so sind die mehrsten Versuche mit den strengflüssigen Steinarten angestellt; andere wurden nur der Flamme der Lampe ausgesetzt, und in diesem Falle zu Metallen Capellen von Beinasche, zu Steinen und glasichten Stoffen aber ein Gefäſs aus einer Versetzung von Gold Silber und Platina zu Unterlagen gebraucht, wozu auch Sandsteine vorzuschlagen sind; die Hitze fiel zwar auf diese Weise nicht so stark aus, als auf der Kohle, doch lieſs sich auf die Art Platina, wiewohl mit Mühe schmelzen. Der Präsident *de Saron* schlug Hrn. *Lavoisier* auch noch vor, für Stoffe welche die Kohle nicht berühren dürfen, zwei Luftströhme, einen von Lebensluft, den andern von entzündlicher Luft zusammentreffen zu lassen, *Lavoisier* erklärt diese Weise auch in mancher Rücksicht für vorzüglich, nur konnte er auf die Art keine so starke Hitze bewirken. *Meusnier* brachte (in d. angef. Mém. p. 66. ff.) verschiedener Veränderungen dabei an. Die obere Kiste, welche die Luft enthielt, und durch ihr Niedersinken herausdrücken sollte, ward mit Ketten an das eine der mit abgerundeten Bögen versehenen Enden eines Hebels, und an das andere Ende ein Gegengewicht zur Mäſsigung des Druckes gehangen; eine Schraube konnte diese beiden Arme so stellen, daſs das Gegengewicht weniger wirkte, wenn die obere Kiste tiefer gesunken war, und also vom Wasser mehr getragen ward, wodurch also ein gleichförmigeres Gebläse zu erhalten stand; der Boden des Endes so die obere Kiste trug, ward in Grade getheilt, und eine an dem Gestell angebrachte Zunge zeigte also wie tief dieselbe gesunken war; die Röhre zum Ausgange der zum Blasen zu gebrauchenden Luft, ward in der untern Kiste befestigt, und stieg dann in die obere hinauf, wodurch

aller Verlust an Luft verhütet ward, und endlich ward auch auswärts an der obern Kiste eine unten offene Röhre angebracht, in welcher eine gerade gläserne Röhre und ein Heber eingekittet waren, dessen zweiter Arm in eine runde Röhre ging, welche in die obere Kiste hineingeführt war, daſs also das Wasser durch die eine äussere Röhre in die kleine gläserne, und den einen Arm des Hebers, aber durch den Druck der zusammengedrückten Luft aus der obern Kiste in einem niedrigern Stande gehalten werden muſste, und so dieser Unterschied das Maaſs des Zusammendrückens der in der obern Kiste eingeschlossenen Luft zeigen konnte. Bei dieser Einrichtung versuchte nun Herr *Lavoisier* noch in demselben Iahre die strengflüssigsten Erdarten und Metalle, und beschrieb die Erfolge in einer besondern Abhandlung (in den gedachten Mem. an. 1783. p. 563. ff.) welcher eine dritte über die Wirkung eines solchen Feuers auf Edelsteine folgte. Die Affection der verschiedenen Körper, die von dieser Hitze bewirkt wurde, wird bei den einzelnen Körpern aufgeführt werden.

Im Jahre 1783. da die letzte Abhandlung des Herrn *Lavoisiers* noch nicht im Druck erschienen war, machte *Gallisch* (Crell's N. Entdeckung. Th. IX. (1783) Vorbericht p. XII—XIII.) einen Versuch der Anwendung der dephlogistisirten Luft beim Blaserohre und erdachte eine Einrichtung deren Beschreibung im Jahr 1784. ans Licht trat (Crells chem. Annalen 1784. St. I. p. 31 - 35.) Ein messingener Stiefel in welchem ein bleierner Stempel eingeschmirgelt war, ward durch eine unten angebrachte mit einen Hahn versehene Röhre mit dephlogistisirter Luft gefüllt, welche ein an die Röhre geschrobenes Blaserohr zur Flamme leitete, indem sie durch das Gewicht des bleiernen Stempels herausgedrückt ward, dessen Kraft durch ein vermöge einer über eine Rolle gehenden Schnur damit verbundenes Gegengewicht bei der Füllung zur Hebung des Widerstands gemindert, und darnach durch mehrere oder wenigere angehangene Stücke in dem erwähnten Maaſse gemäſsigt werden konnte. Im Jahre 1784. lieferte Göttling (*Acta Acad. Elect. Mogunt. ad ann.* 1782. *et* 1783. *Erfurt.* 1784. p. 1. ff.) die Beschreibung einer Einrichtung zur Ersetzung eines Blasebalgs, nach Anleitung der von Herrn Ehrmann beschriebenen elektrischen Lampe, in der die entzündbare Luft auf solche Weise zur Unterhaltung des Brennens auszuströhmen genöthigt wird (*Descript. et usage de quelques lampes à air inflammable par F. L. Ehrmann à Strasb.* 1780. 8.) durch zwei über einander gestellte Gefäſse, von denen das obere mit Wasser gefüllt ward, und aus demselben nach Belieben Wasser in das untere gelassen werden konnte, um die darin befindliche Luft durch eine Seitenröhre nach der vor dieselbe gestell-

ten Lampe auszutreiben. Der Versuch ward zuerst mit zwei grofsen Fässern angestellt, von denen das untere 80 Maafs hielt, und die Flamme ward so stark und gleichförmig als mit dem besten Blasebalge erhalten, auch so wohl Glasröhren zum Biegen erweicht, als ein Glassatz mit Kobolderz zu blauen Glase geschmolzen. Eine solche Einrichtung zu kleinen Versuchen mit dephlogistisirter Luft zu nützen, wurden kleine blecherne mit Firnifs wider den Rost gesicherte Büchsen, deren unterste ohngefähr 6 Maafs hielt, eingerichtet, und Eisen augenblicklich zusammen geschmolzen; auch diese Einrichtung an Statt eines Gebläses bei einem kleinen Achardschen Ofen mit Nutzen gebraucht, zur Erhaltung der dazu gebrauchten Luft aber Salpeter in beschlagenen irdenen Retorten dem Feuer ausgesetzt. Ebenfalls im Jahre 1784. beschrieb Hr. *Geijer* (*Schmältnings försök med Eldsluft, pa nagra ädlare stenare, samt andra Jork och shen artes; of Bengl. Reinh. Geijer; in K. Vet. Acad. Nya Handl.* (*Apr. Mai. Jun.*) 1784, p. 122. ff.) seine Versuche mit Edelsteinen und andern Steinarten, vermittelst eines Blaserohrs, zu welchem die aus Salpeter in irdenen und metallenen Retorten und Kolben ausgetriebene, oder beim Uebertreiben der Salpetersäure durch glühende irdene Röhren erhaltene Luft ebenfalls durch einen Wasserdruck geleitet ward. *Geijer* empfiehlt bei solchen Versuchen die Beobachtung der Körper durch angelaufene oder dunkelgrüne Gläser als nothwendig, damit die Augen von der blendenden Helle der Flamme nicht leiden. Die mit den einzelnen Substanzen gemachten Versuche werden bei diesen angeführt werden. *Geijer* beschrieb bald darauf auch sein Verfahren bei der Anwendung der Luft zum Blasen. (*K. Vet. Acad. N. Handl.* Jun. Aug. Sept. 1784. p. 193 f.; K. Schwed. Ak. d. Wiss. N. Abh. 1784. B. V. p. 195 f.) Eine weitmundige gläserne Flasche hat unten zur Seite eine Stöpselöffnung, in welcher ein gekrümmter kupferner Trichter steckt, welcher zur Füllung der vorher mit Wasser angefüllten Flasche mit der Luft herunter gedreht werden kann, darauf aber aufwärts gedreht, und mit einen Stöpsel verschlossen wird. Die obere Mündung wird mit einer Holzscheibe verschlossen, durch die eine mit einem Hahne versehene, gekrümmte Röhre hinausgeht, auf welche das Blaserohr gesteckt wird, und durch welche Scheibe auch der lange Arm eines Heber in die Flasche hineingeht, welcher aus einem daneben höher stehenden Gefäfse Wasser in die Flasche führt, und dadurch die Luft zum Blaserohre hinaustreibt, auch am Ende in eine oben offene Büchse gefafst ist, in welcher das Wasser erst um diesen Arm herum etwas aufsteigen mufs, ehe es abfliefsen kann, und also verhindert wird, dafs nicht die Luft aus der Fla-

sche in den Heber hinaufsteige, und das Herunterziehn des Wassers unterbreche. Die Lampe steht auf einem Gestelle vor dem Blaserohre; dieses Gestelle, auf welchem auch die Kohle, welche mit der Hand gehalten wird, ruhet, kann höher und niedriger gestellt, und durch eine Schraube in seiner Stellung befestigt werden. Beim Gebrauche dieser Einrichtung bemerkte *Geijer* nicht den sonst gewöhnlichen Unterschied der innern und äufsern Flamme. Mit einer Flasche von 3 Maafs konnte man ohngefähr 36 Minuten hindurch blasen, und also da gewöhnlich jeder Versuch nur einige Minuten fortgesetzt werden konnte, mit 300 Würfelzollen Luft, welche die 9 Zoll hohe, und 6 Zoll weite Flasche enthielt gemeiniglich zu Versuchen mehrere Stunden hinreichen. Dieser Beschreibung folgte eine Nachricht von Versuchen, welche *Ernst Schwarz* im May 1784 mit Geijers Apparate über Metalle angestellt hatte, und die bei den einzelnen versuchten Metallen aufgeführt werden.

de Fourcroy (*Mém. et Observ. de Chémie, par M. de Fourcroy* à Paris 1784, 8. p. 324 ff.; v. *Fourcroys* chem. Beobachtungen und Versuche a. d. Franz. von Hebenstreit, Leipzig, 1795, 8. No. XV.) schlug auch in diesem Jahre eine in Rücksicht auf die von Herrn *Lavoisier* und *Meusnier* beschriebene, einfachere, aber wegen Erforderlichkeit mehrerer Arbeiter unbequemere Einrichtung, da eine mit Luft vom übergetriebenen Salpeter gefüllte Glocke mit den Ränden in eine Kufe voll Wasser herunter gedrückt, und so die Luft durch die oben angebrachte Röhre herauszuströmen genöthigt ward, und auf die im Feuer gehaltenen Stoffe, oder zu einer Lampe geleitet werden konnte, nebst einigen Veränderungen an dem von Herrn *Lavoisier* beschriebenen Geräthe vor.

In diesem Jahre erwähnte noch Herr *Succow* in seinem Handbuche (Anfangsgründe der ökonomischen und technischen Chymie, Leipzig, 1784. 8. §. 82.) die Anwendung des Blaserohrs und eines Blasebalgs, auch des silbernen Löffels bei Versuchen mit denselben. Derselbe beschrieb im Jahre 1789. (Crells chem. Annal. 1789, St. VI, p. 483 ff.) ein Instrument, welches die Kurfürstl. Pfalz. Staatswirthschaftsschule für ihre Sammlungen von den Herrn *Fahlmer* und *Diebolt* in Strafsburg erhalten hatte, und hauptsächlich zu den Versuchen über die Verbrennungen von Gemengen entzündlicher Luft bestimmt war, aber dabei unter andern auch mit einer Veränderung zu Versuchen bei der Schmelzlampe mit Lebensluft gebraucht werden konnte. Eine unten und oben mit einem Hahne versehene Glaskugel kann durch das untere Ende mit der zu untersuchenden Luft gefüllt und auf ein Gestell geschroben werden. Ihr oberer Hahn hat mit zwei Röhren

Gemeinschaft, auf deren einer ein Behältnifs steht, aus dem Wasser in die Kugel herabfliefst, und die in derselben, enthaltene Luft durch die andere heraustreibt, in welche zu dem Ende statt der sonst aufgesteckten Kugel mit entzündlicher Luft, eine gebogene Röhre, und in diese ein gekrümmtes Blaserohr gesteckt wird.

Im Jahre 1785. machte *de Saussure* (*Rozier et de la Metherie Obss. s. la Phys. T. XXVI. Juill.* 1785. p. 409 — 13; eine vom Ritter *Landriani* mitgetheilte Nachricht von dieser Einrichtung steht in *Crells* Beitr. z. d. chem. Annal. B. II. St. I. p. 3. ff.) einen Handgriff bei Versuchen mit kleinen Stücken, welche sonst der Luftstrohm fortblasen würde, bekannt; nemlich sie an das Ende einer fein ausgezogenen Glasröhre zu heften, und so ohne eine Kohle der Flamme auszusetzen; er beschrieb auch ein Gestell, an welchem ein nach Bergmanns Weise eingerichtetes Blaserohr durch Schrauben beliebig gerichtet werden konnte. Die Versuche die Herr v. *Saussure* mit unterschiedenen Körpern mit diesem Apparate machte, werden bei diesen Körpern aufgeführt werden. Zu dem Handgriffe eines Löffels wählte Herr v. *Saussure* eine Röhre einer irdenen Pfeife, weil ihm ein hölzerner einst dabei verbrannt war. In demselben Iahre kam zu Tübingen eine Beschreibung einiger hieher gehörigen Einrichtungen heraus, (Beschreibung einiger zum Gebrauche der dephlogistisirten Luft bei dem Blaserohre und Schmelzfeuer eingerichteten Maschinen, sammt einer Anweisung sich die dephlogistisirte Luft in Menge zu verschaffen, Tübingen 1785, 8.) Zur Erhaltung der zur Unterhaltung des Feuers anzuwendenden Luft soll nach dieser Schrift der Salpeter in irdenen Retorten mit krumm gebogenem kurzen Halse, an welchen eine krumme messingene Röhre gekittet wird, in einem walzenförmigen inwendig mit Thon beschlagenen Ofen von Eisenbleche mit einer Kuppel und Röhre erhitzt, und dieselbe so auf eine einfache und vortheilhafte Weise gewonnen werden (chem. Annal. 1787, St. 2, p. 169. ff.) übrigens von den beschriebenen Maschinen eine der Göttlingschen ähnlich sein. Nach des Herrn *Gren* Urtheile (Handb. der Chemie §. 116. Anmerk.) soll diese Schrift Vorschläge enthalten, die gröfstentheils nicht anwendbar sind. Auch *de la Metherie* machte in demselben Jahre 1785. in Gesellschaft eines Ungenannten (*Rozier*, *Monge de la Metherie Obss. s. la Phys.* T XXVII. Juill. 1785. p. 66. ff.) und hernach des Herrn *d'Arcet* Versuche mit dem Lebensluftlöthrohr nach der Weise der Herrn *Achard* und *Lavoisier* (in den angef. Obss. s. la Phys. Amst. 1785, p. 144. ff.) Eben so wurden (a. a. O. T. XXVIII. Mars 1785, p. 226. ff.) Versuche von Herrn *Jurine* und *Pictet* mit diesem

sem Lebensluftlöthrohre angestellt. Im Jahre 1786. gab Herr *Ehrmann* in einem Schreiben an Hrn. Crell (chem. Annal. 1786. St. V. p. 437. ff.) Nachricht von seinen im Jahre 1785 angestellten Versuchen, die jetzt schon über 100 gingen und so angestellt waren, dafs der durch Wasser aus der von ihm beschriebenen Fürstenbergerschen und Branderschen Lampe getriebene Strom der reinen Luft unmittelbar auf die glühende Kohle geleitet ward. In demselben Jahre erschienen die Versuche selbst in einer besondern Abhandlung (Versuch einer Schmelzkunst mit Beihülfe der Feuerluft von Fr. L. Ehrmann Strasb. 1786, 8.) wobei auch eine Nachricht von den bis dahin üblich gewesenen Methoden das Sauerstoffgas zu gebrauchen gegeben wurde. *Ehrmann* hatte seine ersten Versuche im Jahre 1785 mit der von ihm beschriebenen Fürstenbergerschen Lampe gemacht, nur an Statt einer geraden Röhre mit einer gebogenen den Luftstrom auf eine glühende Kohle geleitet, traf nachher aber eine ähnliche Vorrichtung, aus zwei grofsen gläsernen Wirbelrecipienten, welche durch eine Hülse Gemeinschaft hatten, durch die die Luft auch in das Blaserohr getrieben ward, und von welchen Gläsern das untere einen kupfernen Boden mit einer Stöpselöffnung zur Einlassung der Luft hatte. Eben da ist auch noch eine andere Einrichtung, die schon ehedem zu der Lampe mit entzündlicher Luft angegeben war, auch hiezu vorgeschlagen, da nemlich eine einzelne oben mit einer Hülse und dem Blaserohre versehenen Flasche in einem Gefäfse mit Wasser durch ein Gestell gehalten wird, welche unten seitwärts einen Hahn zur Füllung mit der Luft und unten im Boden ein Loch hat, durch welches das Wasser von unten eindringt und die Luft zum Blaserohre heraustreibt. Unter dem Geräthe ist ein kleines halbrundes Schäufelchen von einem nicht leicht schmelzenden Metalle, in Gestalt eines ungeschnittenen Federkiels zur Auftragung und Nachtragung der zerkleinten Proben auf die Kohle und eine gefärbte Brille zur Schonung des Gesichtes erwähnt. Im zweiten Abschnitte sind die Versuche selbst mit verschiedenen Körpern angeführt, wobei auch zugleich die Versuche anderer mit erwähnt sind.

In diesem Jahre wurden auch Schmelzeinrichtungen zur Untersuchung der Körner bei der Flamme einer Kerze von einem *de Launoy* zum Verkaufen ausgeboten, welche aus zwei übereinandergestellten und durch einen Hahn verbundenen Gefäfsen vom reinsten Eisenbleche bestanden, aus deren obern das Wasser in das untere flofs, und die Luft aus demselben durch ein Blaserohr austrieb, von welchem Granate in wenigstens einer Minute geschmolzen waren u. s. w.

In demselben Jahre lieferte Hr. *Hassenfratz* (*Rozier etc. Obss. s. l Phys. T. XXVIII Mai* 1786 *p.* 345 *ff.*) eine Nachricht von den schon beschriebenen Blaseröhren. *Hassenfratz* sah auch zu Wien den Blasebalg des Hrn. *Poda;* dieser war auf einem Tische ohngefähr wie der von Köstlin beschriebene von *Bornsche* angebracht, und ward mit einer Hand bewegt, indem die andere zur Handhabung bei der Vorrichtung angewandt ward. *Hassenfratz* liefs sich danach einen zwei Fufs langen, doppelten Blasebalg unter einem Tische machen, der zugleich bei einer Esse gebraucht werden konnte, übrigens wegen seiner Gröfse dem Blaserohre einen so starken Luftstrom lieferte, dafs die Schmelzungen mit demselben beinahe eben so leicht als mit dephlogistisirter Luft gelangen. Ferner sah Herr *Hassenfratz* eine Vorrichtung bei dem Herrn von *Hydelberg* zu Klagenfurth in Kärnthen; die eine Hälfte des Blasebalges war unter dem Tische angebracht, die andere über demselben bewegte sich wagrecht auf und nieder, und hatte eine Klappe mit einer Feder, um bei zu starkem Drucke einen Theil der zu sehr geprefsten Luft auszulassen. Dabei wird eine ähnliche Einrichtung, nur dafs der untere Balg durch eine Handhabe bewegt wird, von einem französischen Mechaniker *Teillard* beschrieben, der auch dabei das übrige Geräthe liefert. Herrn *Hassenfratz* Einrichtung zur Anwendung der Lebensluft ist eine blecherne Kiste mit einem doppelten Boden; aus der untern Hälfte geht ein Rohr zum Blaserohre hin und in die obere wird Wasser gegossen, das in die untere fliefst, und die Luft aus derselben austreibt; und diese Einrichtung ward darauf dahin verändert, dafs die Kiste verschlossen, und das Wasser durch einen über denselben angebrachten Trichter hineingelassen ward, nachdem die untere Hälfte mit der anzuwendenden Luft gefüllt worden war. Die übrigen Einrichtungen sind hier schon bei Erwähnung ihrer Erfinder beschrieben. In demselben Jahre ward das Schmelzen vor dem Löthrohre auch von *Essich* beiläufig in seinem Handbuche (I. G. Essich chemisches Handbuch für junge angehende Aerzte, Apotheker und andere Liebhaber der Chemie, Augsb. 1786, 8. p. 33) erwähnt. Noch machte in demselben Jahre Hr. *Heyer* (in Crells Beyträgen B. II. S. I, 1786 p. 29 ff.) einige Versuche bekannt, welche ohne eine Lampe auf einer Kohle angestellt waren, wobei auch wohl, zur Verstärkung der Hitze, die Probe mit einer Kohle bedeckt ward. Das Blaserohr war, nebst einem Trichter, auf eine Schraube gelöthet, welche zur Verschliefsung eines vier Quart. Wasser fassenden, walzenförmigen Glases diente, welches mit Luft gefüllt ward, die aus Salpeter, in eigenen dazu geblasenen kleinen gläsernen mit Leimen beschlagenen Retorten gezogen war,

und aus welchem Glase das in den Trichter gegossene Wasser beim Herausfliefsen die Luft durch das Blaserohr heraustrieb. Seine einzelnen Versuche finden wir bei den Substanzen auf die die Hitze angewandt wurde.

Im Jahre 1787. beschrieb Herr *la Blond* (*Obss. s. la Phys. T. XXX.* Febr. 1787. p. 92. ff.) seine Weise sich eines ledernen Sackes von der Gröfse einer Rinderblase mit zwei Röhren zu bedienen. Durch die eine Röhre ward der Sack mit dem Munde, oder einem Blasebalge aufgeblasen, oder auch mit dephlogistisirter Luft gefüllt, auf die andere ein Blaserohr gesteckt und zum Blasen der Sack auf den Knieen oder auf einem Tische mit dem Vorderarme gedrückt, während der Daumen und die beiden ersten Finger zur Lenkung des Blaserohrs nach der Flamme einer Kerze dienten. In eben dem Jahre, erwähnt Herr *Gren* (Systematisches Handbuch der gesammten Chemie, von Fr. Albr. C. Gren, Th. I. Halle 1737, 8. §. 114. f.) in seinem Handbuche den Gebrauch des Löthrohrs, die Anwendung eines Blasebalges, und die Verstärkung der Hitze durch Feuerluft ausführlicher als dieses bisher im Handbuch der Chemie geschehen war. Im Jahre 1788. wählte Herr *Modeer* (*Tankar om Bläsrörets formanligaste; skapnad in K. Vet. Ac. N. Handl. T. IX. for ar* 1788. p. 68. ff.; Königl. Schwed. Ak. d. Wissensch. N. Abhandl. v. Jahr 1788. B. IX. erste Hälfte p. 64. f.) die Gestalt des Mittelstücks und der Ausgangsröhre des Blaserohrs zum Blasen mit dem Munde zu einem Gegenstande einer Erörterung; zeigte dafs letztere walzenförmig sein müfste, ersteres aber am Besten walzenförmig, und an den Enden abgeschrägt eingerichtet wurde, aus welchem dann die Ausgangsröhre gerade herausginge, und danach gekrümmt würde, da dann die Luft weniger Widertand und Reibung litte, als in den bisherigen mit einer Kugel versehenen, oder nach Bergmanns Weise eingerichteten Blasröhren.

Weigel bemerkt (Crells Beiträge zu den chem. Annal. B. V. St. 2. p. 224) in den bis dahin bekannt gewordenen Abhandlungen über das Blaserohr scheine die Bestimmung der Weite des Behälters an dem Blaserohre mit dem Munde zu blasen noch zu sehr übergangen zu sein. In Modeers (angeführter) Abhandlung sei der Nutzen desselben auf die Sammlung der Feuchtigkeiten allein beschränkt. Es scheine ihm indessen doch auch den Dienst zugleich zu leisten, dafs in demselben ein Antheil Luft, der so schnell nicht durch die enge Ausgangsröhre fortströmen könne, als die Luft in die weitere Röhre eingeblasen wird, zusammengedrückt werde, und durch ihre elastische Ausdehnung sowohl den Fortgang des Blasens während dem Athmen unterstüze, als auch überhaupt einen gleichförmigern

Luftstrom bewirke, wie in dieser Absicht auch bei den Feuersprützen eine Blase eingerichtet werde, den sonst nach dem abwechselnden Drucke der Stempel stofsweise erfolgenden Wasserstrom gleichförmig zu machen; wie auch schon Kircher dergleichen Windlade zu den Blasebälgen habe einrichten lassen. Wegen der Zusammenprefslichkeit der Luft müsse hier sowohl ein zu grofser Behälter zu viele Luft fordern, und daher das Blasen erschweren, als, wegen ihrer Federkraft bei einem zu kleinen Behälter die zusammengeprefste Luft bald zurückwirken, und ebenfalls eine gröfsere Kraft des Blasens erfordern. Auch zeige die Erfahrung, dafs bei übrigens gleichem Verhältnisse der Ausgangsröhre und der Röhre in welche man hineinbläset, und welches übrigens der abgezweckten Gröfse und Stärke der Flamme angemessen sein mufs, durch Blaseröhre mit Kugeln von verschiedener Weite nicht gleich leicht zu blasen sei. Diese Weite werde sich nun freilich nicht wohl allgemein bestimmen lassen, da es dabei auch sehr auf die Kraft ankomme, welche ein jeder zum Blasen anwende und lange genug anzuwenden im Stande sei. Man thue daher am Besten, sich Blaseröhre mit Behältern verschiedener Weite anzuschaffen, welches am wohlfeilsten mit gläsernen angehe, und nach dem, welches das Blasen am meisten erleichtere, ein metallenes machen zu lassen, das wegen seiner mindern Zerbrechlichkeit besonders auf Reisen einen Vorzug habe, sonst aber in Ansehung der Reinlichkeit und leichtern Beobachtung, wenn inwendig etwas den Weg verstopfe, freilich den gläsernen nachzusetzen sei, denen auch leichter manche beliebige Gestalt gegeben werden könne, und von welchen wegen ihres wohlfeilen Preises ehe mehrere von verschiedener Weite angeschafft werden können.

Nicholson beschreibt (Anfangsgründe der Scheidekunst, aus dem Engl. von Spohr, Riga 1791 p. 52) den nöthigen Mechanismus bei dem Blasen mit dem Munde bei dem Löthrohre. „Man bewirkt den gehörigen Luftstrom“, heifst es hier, „wenn man die Zunge gegen den Gaumen drückt, so dafs die Gemeinschaft zwischen dem Munde und dem Gaumen durch die Nase unterbrochen wird. Auf diese Weise ist man im Stande frei durch die Nase Athem zu holen, indessen man zu gleicher Zeit mit den Muskeln der Lippen einen beständigen Strom von Luft aus dem vordern Theile des Mundes durch das Blasrohr treibt. Wenn der Mund anfängt leer zu werden, so wird er von den Lungen in einem Augenblicke wieder angefüllt, da die Zunge von dem Gaumen weggezogen, und wieder dahin auf eben die Weise gesetzt wird, als wenn man die Silbe Tut ausspricht. Auf solche Art kann der Luftstrom auf eine lange Zeit fortgesetzt werden,

ohne dafs es im Geringsten ermüde, wenn die Flamme nicht zu stark erfordert wird; und selbst in diesem Falle fühlet man keine andere Ermüdung als in den Muskeln der Lippen."

Göttling bemerkt hierüber (Taschenbuch für Scheidekünstler und Apotheker für 1800 p. 149.) Dieser Beschreibung ohngeachtet werde es noch nicht leicht sein, sich diesen Mechanismus eigen zu machen, wenigstens habe er darin noch immer viel Schwierigkeiten gefunden. Die dazu eingerichteten Blasebälge z. B. der Köfslinsche leisten zwar gute Dienste, indessen sei doch das Treten des Blasebalgs sehr beschwerlich u. s. w.

Hierauf giebt er die Beschreibung des *Köhlerschen* Blasapparats, welcher ganz auf den Grundsätzen der von *Baader* schon früher beschriebenen Einrichtung (Beschreibung eines neu erfundenen Gebläses von Joseph Baader, mit Kupfern, Göttingen 1794) beruhe. *Köhler* soll nach einer Nachricht, die *Baader* darüber gegeben hat, schon früher damit bekannt gewesen sein, obgleich *Baader* dazu Gelegenheit gegeben habe. Dieser Apparat ist aus verzinntem Eisenbleche bereitet, und damit dieses weniger vom Wasser leide, sowohl inwendig als auswendig mit Oelfarbe angestrichen. In einem runden blechernen Kasten, der etwa 22 Zoll hoch ist und ohngefähr 15 bis 16 Zoll im Durchmesser hat, und auf drei oder vier Füfsen steht ist in der Mitte ein rechtwinklichtes Rohr angebracht, das durch den Boden des Gefäfses geht, und zur Seite mit einem luftdichten Hahn versehen ist. In dieses cylindrische Gefäfs pafst ein ähnliches, was unten keinen, aber oben einen Boden hat. Dieses Gefäfs kann bequem in dem untern aufgezogen und nieder gedrückt werden und ist oben mit einer luftdichten Schraube versehen. Der innere Cylinder hat unten einen durchlöcherten Rand, damit daselbst kein Wasser stehn bleibe, und auf diesen werden einige Pfund Gewicht gelegt, mehr oder weniger nachdem der Druck stark oder schwach sein soll; eben so werden auch einige Gewichte auf den obern Boden gelegt. Soll nun die Geräthschaft gebraucht werden, so wird der innere Cylinder herausgenommen, und der untere bis auf etwa zwei Drittel der Höhe des innern Cylinders mit Wasser gefüllt. Dann wird der innere hineingesetzt, wo dann über dem Wasser die atmosphärische Luft stehen bleibt, womit er vorher durchaus angefüllt war. Oeffnet man nun den Seitenhahn, so wird durch Hülfe des Gewichts der innere Cylinder nach und nach hinuntergedrückt, indem die darin befindliche atmosphärische Luft durch die in der Mitte befindlichen Röhre nach und nach zur Seite hinausgetrieben wird. Hier setzt man nun ein Licht oder die Schmelzlampe vor, und hat beständig einen völlig gleichförmigen Luftstrom. Ist dieser

Cylinder ganz hinunter gedrückt, und die darin gewesene atmosphärische Luft consumirt, so kann man die Geräthschaft leicht wieder füllen, wenn man die Schraube des innern Cylinders öffnet, und denselben heraufzieht. Er füllt sich nemlich nun wieder mit atmosphärischer Luft, und ist er gefüllt, so setzt man blos wieder die Schraube auf und kann nun die Schmelzung von Neuem vornehmen.

Diese Geräthschaft ist auch zu Schmelzversuchen mit Sauerstoffgas anwendbar. Man darf nemlich nur eine grofse Rindblase an ein Rohr das mit einem Hahne und einer Schraube die in die Schraubenmutter des innern Cylinders des oben beschriebenen Apparats pafst, befestigen. Hat man aus der Blase alle atmosphärische Luft herausgedrückt, so füllt man sie in der Luftwanne, indem in die Oeffnung der Schraube ein gut passender Glastrichter luftdicht eingeschlossen wird, und mit Sauerstoffgas gefüllte Flaschen in der Luftwanne darunter gehalten werden, damit das Gas nach und nach hineinsteigen und die Blase aufblähen könne. Ist die Blase gefüllt, so verschliefst man den Hahn und schraubt die Blase auf die vorher beschriebene Geräthschaft. Darauf öffnet man den Hahn der Blase und zieht den innern Cylinder in die Höhe, worauf dann das Sauerstoffgas aus der Blase in die Geräthschaft hineintritt. Ist die Blase völlig geleert, so verschliefst man den Hahn und jetzt kann man mit dem Schmelzen eben so als mit der atmosphärischen Luft verfahren.

Fourcroy handelt (in der *Encyclop. méthodiq. Chimie T.* III. p. 182) sehr ausführlich von dem Gebrauche des Löthrohrs. Er bemerkt dafs dieser Gebrauch einige Schwierigkeiten habe, die aber bei fortgesetzter Uebung und Befolgung der gleich anzugebenden Maximen verschwänden. Die ganze Kunst besteht nach seiner Angabe darin, den Mund mit Luft an zu füllen und dieselbe durch die Backenmuskeln während man durch die Nase einathmet herauszupressen. Man soll also das Löthrohr zwischen die Lippen nehmen, seine Brust mit Luft anfüllen, darauf gänzlich den Mund damit erfüllen und dieselbe durch die Muskelkraft wieder fortstofsen. Ist der gröfste Theil der Brust wieder leer gemacht und man empfindet das Bedürfnifs einzuathmen, so soll man das *Velum palatinum* auf die Basis der Zunge hinablassen und durch die Nase einathmen, während man mit dem Munde die daselbst angehäufte Luft ausathmet. Hat man einmal in diesem Gebrauche der Theile des Mundes Fertigkeit erhalten, welches nur geschiehet, wenn man sich öfters übt, so kann man eine Viertelstunde hindurch ununterbrochen fortblasen, ohne eine andere Unbequemlichkeit als Müdigkeit in den die Röhre des Löthrohrs umschliefsenden Lippen zu fühlen. In den neue-

sten Zeiten, fährt er fort, habe man das Löthrohr sehr vereinfacht, und verfertige es jetzt aus einem Stücke, welches eine eiserne, kupferne oder gläserne gekrümmte Röhre sei. Mit diesem Löthrohre blase man mit eben der Leichtigkeit als mit dem Bergmannschen, und es habe vor dem letztern den Vorzug der gröfsern Wohlfeilheit. Gläserne Löthrohre kann jeder machen, indem man nemlich dicke Glasröhren, die in einem geringen Abstande von ihrem Ende gekrümmt werden, an der Emaillierlampe in ein sehr eng zulaufendes Röhrchen auszieht, und letzteres da, wo man vermuthet, dafs die Oeffnung grofs genug sein werde, um einen hinreichend starken Luftstrom durchzulassen, abbricht; die Spitze desselben schleift man dann auf dem Steine ab, bis sie vollkommen konisch ist. Auch dicke Glasröhren könne man anwenden, wenn man ein fast haarförmiges Röhrchen hineinbringe, das man ein wenig krümme und dessen eines Ende man abschleife. Die Flamme auf welche man das Löthrohr anwendet, mufs nicht zu stark sein, denn in diesem Falle giebt sie dem sie treffenden Luftstrome nicht hinreichend nach; eben so wenig darf sie aber zu schwach sein, denn alsdann würde sie nicht die hinreichende Wirkung auf die zu prüfende Substanz hervorbringen. Man mufs daher die Flamme einer Kerze anwenden, deren Docht der Oeffnung des Löthrohrs proportionirt ist. Der Docht mufs von Baumwolle und nicht zu kurz abgeschnitten sein, damit man ihn etwas krümmen kann. Ist letzteres geschehn, so hält man die Spitze des Löthrohrs unmittelbar über den Bogen den der Docht der Kerze macht, und läfst nun die Luft mit einer immer vollkommen gleichen Stärke ausströmen. Dann beschreibt Hr. F. auch die innere und äufsere Flamme vor dem Löthrohre, deren Beschreibung wir im Texte gegeben haben, und kommt hierauf auf den Apparat der aufser dem Löthrohre zur Behandlung der verschiedenen Substanzen vor demselben nothwendig ist. Um die verschiedenen Körper vor dem Löthrohre zu prüfen, müssen sie auf andere Substanzen gelegt sein; im Allgemeinen nennt man diese Instrumente Unterlagen (*Supports*); sie müssen nach Verschiedenheit der Dinge, die der Wärme ausgesetzt werden, verschieden sein; die am häufigsten, angewandten Unterlagen sind gut gebrannte Kohlen von Birken- oder Fichtenholz, in welche man mit einem Messer eine parallelipipedische oder runde Vertiefung gräbt, und Löffel von Gold, Silber, Platina mit hölzernem Handgriff. Zur Unterlage kann Kohle in allen den Fällen dienen, wo die zu prüfenden Körper sie nicht durchdringen, wo sie keinen Einflufs als desoxydirender Körper äufsert; in vielen Fällen leistet sie bei Prüfung der Bestandtheile der Körper durch ihren Einflufs auf dieselben die wesentlichsten Dienste. Der

goldene Löffel hat vor dem silbernen den Vorzug, weil er etwas schwerflüssiger und bei weitem nicht so leicht Veränderungen unterworfen ist. Die nicht leicht oxydirbaren Körper werden da angewandt, wo man die Gegenwart sehr verbrennlicher Körper vermeiden will. Die Kohle hat bei Untersuchungen bei denen die Gegenwart dieser leicht verbrennlichen Substanz nicht schädlich ist, vor den Metallen einen grofsen Vorzug, weil sie ein schlechter Wärmeleiter ist, und ihre Capacität zu der Absorbtion des Wärmeprincips weit geringer als die der Metalle ist, ja sie selbst bei ihrem Verbrennen der Flamme noch Wärme zuführt. Hat man nur sehr geringe Quantitäten von der zu prüfenden Substanz, so würde die Schnelligkeit der auf die Flamme zuströmenden Luft dieselbe verwehen, wenn man dieses nicht dadurch zu verhindern suchte, dafs man auf die Höhlung in der Kohle einen Kohlendeckel brächte, den man mit einem Eisendrath befestigt, und nur eine Oeffnung für die Spitze der Flamme liefse, wodurch man denn auch die geringsten Massen zu schmelzen vermögend wird. Nun geht *Fourcroy* zu der Beschreibung des Verhaltens der Flüfse vor dem Löthrohre über, welches bei uns bei diesen Flüssen selbst vorkommen wird. Nach diesem giebt er Vorsichtsregeln bei der Untersuchung der verschiedenen Substanzen. Man mufs anfangs den zu prüfenden Körper der äufsern Flamme aussetzen. Hat man die hiebei vorkommenden Phänomene bemerkt, so wendet man die innere Flamme an, und ist immer aufmerksam, ob sich neue Wirkungen zeigen. Die Hauptphänomene die man über die der Flamme des Löthrohrs ausgesetzten Körper beobachten kann, bestehen in 1) der Abknisterung, 2) dem Aufspringen (*delitescence*) 3) dem Aufschwellen 4) der Vegetation, 5) der Schmelzung, 6) dem Aufbrausen, 7) der Farbenveränderung, 8) der Entwickelung von Geruch, 9) der Entzündung 10) der Oxydation 11) der Reduction 12) endlich der Verflüchtigung; oder in der Abwesenheit aller dieser Phänomene. Die Fragmente einer Substanz, welche man vor dem Löthrohre prüft, müssen niemals gröfser als ein Pfefferkorn sein; häufig ist es vortheilhaft, dafs sie noch kleiner sind; wären die Stücke zu beträchtlich, so würde ein Theil ihrer Masse aufser dem Brennpunkte der Wärmestrahlen sein, und die Unterlage sowohl, als den der Spitze der Flamme ausgesetzten Theil der Substanz erkälten. Hierauf läfst *Fourcroy* die Untersuchung des Verhaltens verschiedener Substanzen vor dem Löthrohre folgen, welches in diesem Werke bei den einzelnen Substanzen selbst vorkömmt. Dann führt er noch an, dafs viele Substanzen, die vor dem gewöhnlichen Löthrohre nicht verändert werden, durch das Lebensluftblasrohr zersetzt werden, beruft sich übrigens in Hinsicht auf die durch

durch dasselbe zu bewirkenden Erscheinungen, auf das, was *Lavoisier* darüber in dem *Mémoir.* der Pariser Akademie von 1785 gesagt habe, und schliefst endlich mit der Erzählung, dafs *Herrmann* dem Bergmannschen Löthrohre eine gröfsere Beweglichkeit gegeben habe, und dem Lobe des Löthrohrs überhaupt.

F. W. Voigt sagt (in Tromsdorff's Journal der Pharmacie, B. VIII, St. 1, Leipzig 1800, p. 3), alle bis dahin gegebenen Vorrichtungen, das Blasen mit dem Löthrohre zu ersparen, seien kostbar und mühsam einzurichten, haben auch den Nachtheil, dafs man die Stärke und Schwäche des Luftstroms nicht während der Arbeit moderiren könne, und kommen leicht in Unordnung. Da er oft Gelegenheit gehabt habe, die Italiäner Glas blasen zu sehen, so habe die auffallende Geschicklichkeit dieser Leute, mit dem Munde in die Flamme zu blasen, und die Stärke der Hitze, die sie dadurch hervorbringen, seine Aufmerksamkeit erregt, und er einsehen gelernt, dafs das Blasen mit dem Munde gewifs die beste Methode sei, wenn man es bis zu jener Fertigkeit bringen könne, nemlich einen immer ununterbrochenen Luftstrom zu unterhalten. Und dieses ist nach ihm in der That sehr leicht. Man braucht nicht die Lunge, sondern nur die Bakkenmuskeln anzustrengen, und er erklärt es für ein ganz falsches Vorurtheil, dafs das Glasblasen die Lunge angreife; es kann indessen gefährlich werden, wenn man mit der Lunge und nicht mit dem Backen bläst. *Tromsdorf* sagt in einer Anmerkung hiezu, seine Lunge sei nicht die stärkste, aber dennoch habe er 15 Jahr hindurch sich mit Glasblasen häufig beschäftigen können, ohne den geringsten Nachtheil zu empfinden. Man mufs nach *Voigts* Angabe die Luft durch die Backenmuskeln in das Luftrohr bringen, und hinter dem *velo palatino pendulo* durch die Nasenhöhle frei athmen können, welches man durch Uebung, und vielleicht bei guter Anlage auf den ersten Versuch leicht lernt. Er liefs sich von einem Italiäner ein gläsernes Löthrohr blasen, und lernte sehr bald den Luftstrom anhaltend hervorbringen, aber er konnte es nicht gehörig dirigiren, und ihm die bequeme Stellung gegen die Flamme geben, oder es in der gehörigen Stellung erhalten, wenn es dieselbe hatte. Er fand, dafs die Spitze öfters abbrach oder verschmolz, und sich verstopfte. Er wurde dadurch bewogen, auf ein neues Löthrohr zu denken, und ihm einen neuen Mechanismus, es zu richten, zu geben, wenn er einen entsprechenden Effect haben wollte. Das gleich zu beschreibende Instrument ist nach *Trommsdorf* (a. a. O. p. 7) sehr bequem, und letzterer zieht es zum Gebrauch allen andern vor.

Herr *Voigt* (Instrumentenmacher in Jena) verkaufte es mit allem Zubehör das Stück zu 1 Caroline.

Taf. XVIII, Fig. 14, ist der Durchschnitt des Hauptstücks desselben c c c c ist ein messingener Reif, welcher durch 2 angelöthete Deckel verschlossen ist, so, dafs er wie ein zinnerner Tabakspfeifenstiel geformt ist. In diese Trommel sind 2 Hülsen gelöthet, deren eine e e e e das Mundstück aufnimmt, welches hineingesteckt wird; das zweite i i i i dient zum Aufstecken der verschiedenen Spitzen, welche nach Beschaffenheit des Luftstroms, den man verlangt, weite oder enge Oeffnungen haben, f f f f ist so eine Spitze, g ihre Oeffnung, und h h ein gerändeter Handgriff. Diese Spitzen sind inwendig konisch ausgedreht, und auf die konische Hülse i i i i aufgeschliffen, damit sie luftdicht schliefsen. Fig. 15 ist ein Durchschnitt senkrecht durch die Deckel der Trommel, b b ist eine eiserne in einen derselben gelöthete Schraube, welche durch ein im Winkel gebogenes Messing d d d d d d gehet. Dieses Messingstück ist mit Holzschrauben e e auf ein Bret befestigt, und an dem andern Theile so weit gespalten, als die Schraube b b erfordert, um sich darin bewegen zu können. a a a a ist ein zierlich gedreheter geränderter Schraubenknopf, unter welchem eine Platte i i liegt, wodurch die Trommel an das Messingstück festgeschraubt werden kann. Man kann daher die Spitze in jedem Winkel neigen, und das ganze Löthrohr hoch oder tief gegen die Flamme stellen, also den Luftstrom unter jedem Winkel und in jeder Höhe durch die Lampenflamme gehen lassen. Eine Seitendirektion braucht man nach seiner Bemerkung dem Löthrohre nicht zu geben, man kann dieses, so wie die Entfernung durch das Stellen der Lampe erhalten.

Die Lampe ist Fig. 16 im Umrifs von oben, und Fig. 17 im Durchschnitt durch die Mitte gezeichnet, b b b b b ist der Deckel; d d d d ist die Dille, auf der 6 Dochte e e e e e e in zwei Reihen über einander liegen. Mitten durch diese Reihen mufs eine Strafse gehen, wo der Luftstrom hindurch geht. c c c c ist ein Schieber, der eine Oeffnung verdeckt, wodurch die Dochte und das Oel in die Lampe gebracht werden; ferner ist er etwas aufgebogen, wie man in der Durchschnittszeichnung Fig. 17 sehen kann, wo nur 2 Dochte über einander liegen. Dieses soll das Einbrennen der Flamme in die Lampe verhüten. Dieser Schieber geht unter dem Falz a a a a. f ist ein Henkel, um die Lampe anzufassen. Man kann nahe bei diesem ein Loch in den Deckel bohren, und das Oel durch dieses in die Lampe giefsen, wenn man den Schieber nicht öffnen, und die Dochte nicht verrücken will. Zum Herausziehen der Dochte bedient man sich einer vorn

etwas gebogenen langen Pincette, und zum Putzen der Kohle einer guten etwas grofsen Lichtscheere. Die Lampe steht auf einem blechernen viereckichten Teller, um das überlaufende Oel zu fangen. Das ganze aber auf einem mit einer Klammer versehenen Brette, wodurch es an jeden Tis h geschraubt werden kann. (Taf. XVIII, Fig. 18.)

Hare schlägt vor, (*Memoire on the Supply and Application of the Blowpipe, by Robert Hare in philosophical magazine etc. by A. Tilloch Xbr.* 1801, *Nro.* 55, *p.* 238 — 245 *u. Jan.* 1803, *No.* 56, *p.* 298 ff.; im Auszuge in den *Annales de Chemie*, Nro. 134, Pluv. XI, Tom. XLV, p. 113 ff, und neues allgem. Journal der Chemie, B. I, p. 288) die vor dem Löthrohre zu prüfenden Körper der Hitze, die bei der Verbrennung des Wasserstoffgas durch Sauerstoffgas frei wird, auszusetzen, und giebt einen dazu passenden Apparat an. Der Verfasser beschreibt im ersten Kapitel seines Werks das gemeine Löthrohr und die gewöhnlichen Anwendungen desselben. Er erwähnt die Unbequemlichkeiten, welche die verschiedenen bisher gebrauchten Methoden ihm die Luft zuzuführen an sich haben. Bedient man sich dazu der Luft aus den Lungen, so ist diese mit Wasser und Kohlensäure beladen, und zu der Verbrennung nicht sehr geschikt; abgesehen davon, dafs ein anhaltendes Blasen den Lungen schädlich ist, (vergl. Voigt's Mein.), und sich auf diese Weise kein Sauerstoffgas anwenden läfst. Wählt man an Statt der Wirkung der Lungen, die eines kleinen doppelten Blasebalgs, so erreicht man den vorgesetzten Zweck nicht sehr viel besser; denn wegen der Porasität des Materials, aus dem er bestehet, und weil es schwer ist, seine Klappen luftdicht zu machen, läfst der Blasebalg die Luft auch an andern Stellen heraustreten, als an derjenigen, die allein dazu bestimmt ist. Ueberdiefs mufs man, um sich seiner zu bedienen, den Fufs bewegen; bei solchen Versuchen aber ist die Bewegung des Körpers unbequem, wenn sie nicht gar dem Erfolg des Versuchs nachtheilig ist, und zu Täuschungen Anlafs giebt. Endlich kann man auch beim Gebrauch eines Blasebalgs die Flamme nicht mit vollkommen reinem Sauerstoffgas unterhalten, weil darin, wenn die Wände desselben sich auch möglichst genähert sind, immer eine beträchtliche Quantität atmosphärische Luft zurück bleibt, welche jenes verunreinigt. Nach diesen vorläufigen Betrachtungen schliefst der Verfasser, dafs das Gazometer *Lavoisier's* (das wir schon beschrieben haben, und welches man B. I, Taf. III, vorgestellt findet) das einzige zu der Unterhaltung des Verbrennens durch Sauerstoffgas geeignete Instrument sei. Aber für so vollkommen er diesen Apparat auch erkennt, so findet er ihn doch zu theuer,

um zum gewöhnlichen Gebrauche dienen zu können. Eben so sehr jedoch auch überzeugt von dem Nutzen, den vollkommenere Mittel, als die bisher zur Unterhaltung des Löthrohrs mit atmosphärischer Luft oder Sauerstoffgas angewandten haben würden, hat er selbst einen Apparat ausgedacht, der der Gegenstand seiner Abhandlung ist, und den er hydrostatisches Löthrohr nennen zu müssen glaubt. Das zweite Kapitel enthält die nachfolgende Beschreibung des Apparats. Die Vorstellung des letztern ist zum Theil transparent, um die innere Einrichtung leichter einsehen zu können.

Der Apparat, Taf. XIX, Fig. 1, besteht aus einem Fäſschen, welches 32 Zoll hoch ist, und zum kleinsten Durchmesser 18 Zoll hat. Es ist durch die Scheidewand B A in 2 Kammern getheilt; die obere und äussere Kammer ist 14 Zoll tief, die untere und innere B C 16 Zoll, und enthält eine Platte und eine Röhre von Kupfer E F D, welche erstere 9 Zoll tief hinabgeht, und sie in zwei gleiche Theile theilt. Die kupferne Platte und Röhre sind zusammen gelöthet, und mit der Scheidewand verbunden, wie man in Fig. 3 sehen kann, wo B die Scheidewand, E F die Kupferplatte, und D die Röhre ist. Man läſst die Ränder der Kupferplatte in correspondirende Fugen längs den Dauben des Fäſschens laufen, bis sie die Stellung haben, welche sie behalten sollen, bekleidet dann die Fugen mit Binsenblättern, und treibt die Bänder des Fäſschens an.

C F, Fig. 1, ist ein Paar runder Blasebälge, denen der Boden des Fasses zur Basis dient. Dieser Boden hat im Mittelpunkt ein Loch, um welches herum in der Entfernung eines Zolls vom Mittelpunkt ein hölzerner Rand geht. Auf diesem Rande ist ein Ventil befestigt, welches sich oberwärts öffnet, und in B, Fig. 3, wahrzunehmen ist, wo man die Blasebälge transparent abgebildet hat. Unter dem Ventil B kann man das Loch und den runden hölzernen Rand, auf welchen es angenagelt ist, bemerken. C ist der obere Theil der Bälge, der aus einem runden Stück Holz von 7 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Dicke besteht. Er hat im Mittelpunkt eine Oeffnung von anderthalb Zoll im Durchmesser. Um diese Oeffnung läuft eine Fuge, in welche ein oberwärts aufgehendes Ventil befestigt ist; beides wird man bei D, Fig. 3 am Ende der Stange gewahr. Auf diesem Obertheil der Bälge, in der Entfernung eines Zolls vom Umkreis sieht man einen schwalbenschwanzförmigen Einschnitt, der mit Blei ausgegossen ist E. Der Körper der Bälge F F besteht aus starkem und sehr gut genähetem Leder, damit kein Wasser durchdringe. Vor der Verbindung mit den übrigen Theilen hatte er die Gestalt eines abgestumpften hohlen Kegels, dessen Höhe und gröſster Durchmesser jedes 8 Zoll, der kleinste Durchmesser aber siebente-

halb betrugen. Man konnte ihn bei dieser Form leichter befestigen, als wenn er cylindrisch gewesen wäre. An den Hervorragungen F F wird er durch zwei eiserne Ringe ausgedehnt, an welche er festgenähet ist. F G ist eine eiserne Stange, vermittelst welcher man den obern Theil des Blasebalgs aufheben oder niederdrücken kann. Sie geht die Röhre D hindurch, bis an den Arm G, den man mit der Hand oder mit dem Fuſse durch Hülfe eines Steigbügels in Bewegung setzt. Diese Stange, nebst den Stücken, wodurch sie an den obern Theil des Blase balgs befestigt ist, sind in Fig. 3 weiter ausgeführt. G D zeigt die Stange, H H H H, die an ihrem untern Ende angebrachten kreuzförmigen eisernen Bänder. Diese sind an dem runden Rande K K befestigt, so, daſs sie den eisernen Rand I I umfassen, welcher durch Schrauben an dem obern Theil des Blasebalges festgehalten wird. Man läſst hinlänglichen Raum, um den Stücken H H H H und dem Rande K K zu gestatten, sich zu bewegen, ohne gegen den eisernen Rand I I, den sie umfassen, oder gegen den obern Theil des Blasebalgs zu reiben. In Fig. 3 sieht man einen kupfernen an einer Seite mit einer Oeffnung versehenen Hut; die eiserne Stange geht durch seinen Mittelpunkt durch, und er ruht auf den eisernen Bändern H H H H. Die Oeffnung, wodurch die Stange geht, muſs man sorgfältig verkleben. I, Fig. 1; sieht man diesen Hut in seiner wahren Stellung. H I, Fig. 1, ist eine Saugröhre, anderthalb Zoll im Durchmesser, die unter das Fäſschen geht, bis an den Punkt C, wo sie in die im Boden des Blasebalgs befindliche Oeffnung eingepaſst wird. Diese Oeffnung hat eine solche Weite, daſs das konische Ende der Saugröhre darin genau schlieſst. Man sieht diese schon erwähnte Oeffnung in Fig. 3, so wie auch den um dieselbe befindlichen runden hölzernen Rand, welcher verhindert, daſs das Ende der Röhre nicht das Ventil berühre. Die Saugröhre endigt sich bei I in eine konische Oeffnung, in welche dann, wenn es nöthig ist, der Schnabel des ledernen, mit der gebogenen Röhre L versehenen, Schlauchs K hineingebracht wird. Dieser lederne Schlauch wird durch hohle zinnerne anderthalb Zoll weite und 1 Zoll hohe Cylinder ausgedehnt. Ehe man sie in das Leder, welches sie umschlieſsen soll, einnäht, muſs man sie mit Firniſs überziehen. Man kann diese Röhre nach *Hare* sehr vervollkommnen, wenn man die lederne Bedeckung mit Firniſs tränkt, und sie mit einem zweiten Leder überzieht, dessen Nähte an einer, denen des erstern Schlauchs entgegen gesetzten Stelle angebracht sind. Eine so zubereitete biegsame Röhre ist in vielen Fällen sehr nützlich. M, N, O, m, n, o, Fig. 1 sind Ausführungsröhren, die in N, n mit Hähnen versehen sind, und an ihrem Ende

O, o kegelförmig zugehen. Jede dieser Röhren steht mit einer der durch die Scheidewand E, F und die Röhre D gebildeten Abtheilungen in Verbindung. In der Kammer B kann man die mit einem Hahn versehene Röhre Y bemerken, welche die beiden früher gedachten Abtheilungen in Verbindung setzt. P, Fig. 1, ist ein Tisch, welcher an dem Fafs durch Eisen befestigt ist, die man nach Gefallen in die zu ihrer Aufnahme bestimmten Hacken hinein stellen oder heraus heben kann. Eins dieser Eisen und Hacken ist in Q zu sehen; sie sind an Holzstücke befestigt, die der Länge des Tisches nach angebracht, und so ausgeschnitten sind, dafs sich ein Block zwischen ihnen hin und her schieben läfst. Durch den Block geht die Schraube S, welche sich in der Oeffnung T R V des Tisches vorwärts und rückwärts schieben läfst. Diese Schraube geht in die Stütze T V, die man unter der Lampe bemerkt, in welche sie aber nicht fester hineingedrängt ist, als eine Achse in die Mitte eines Rades. Die Stütze geht mit der Schraube hinauf und hinunter, aber der hölzerne Fufs T verhindert sie, sich mit ihr umzudrehen.

Nach Beschreibung seines hydrostatischen Löthrohrs kommt *Hare* zur Auseinandersetzung der Gründe seiner Wirkung.

Voraus gesetzt nun, dafs man in das Fafs A, Fig. 1, so viel Wasser bringt, als nöthig ist, die untere Kammer anzufüllen, und damit sein Niveau sich noch 2 Zoll über die Scheidewand B erhebe, wie Fig. 4 es darstllt; so wird, wenn die Maschine in Ruhe ist, der obere mit Blei beschwerte Theil des Blasebalgs niedersinken, so tief, als es die Falten des Leders zulassen, und der kleine Raum, welcher dieser Falten wegen zwischen dem Boden des Fasses (dem untern des Blasebalgs) und dem obern Theil des Blasebalgs noch bleibt, sich mit Wasser anfüllen, welches durch das obere Ventil eindringt. Dehnt man den Blasebalg durch Niederdrückung des Arms a aus, so schliefst sich das obere Ventil fest zu, und ein dem des ausgedehnten Blasebalgs gleiches Volum Wasser dringt durch die Röhre D in die obere Kammer. Da nun das Gewicht der Atmosphäre nicht mehr auf das auf dem Boden des Fasses befindliche Ventil wirkt, so wird dieses von der Luft der Saugröhre aufgestofsen, und der Blasebalg mit derselben angefüllt. Hört man auf, den Arm a nieder zu drücken, so prefst das auf dem obern Theile des Blasebalgs befindliche Blei ihn zusammen, die darin enthaltene Luft öffnet auf den erleidenden Druck das obere Ventil, tritt unter den oben beschriebenen Fig. 3 abgebildeten Hut, und aus diesem durch die darin befindliche Seitenöffnung in die ihr korrespondirende Abtheilung der untern Kammer. Da man durch das Umdrehen der eisernen

Stange diese Seitenöffnung unter die eine oder die andere Abtheilung bringen kann, so sieht man, dafs, wenn die eine Abtheilung mit einem Gas gefüllt ist, die andere mit einem andern gefüllt werden könne. Man darf nicht befürchten, sie mit einander zu vermischen, denn weil die Röhre D kürzer ist, als die Scheidewand E F, so wird das überflüssige Gas, welches sich in den beiden Abtheilungen befinden könnte, durch diese Röhre entweichen. In Fig. 4 ist der Blasebalg fast ganz zusammen gedrückt vorgestellt; die Luft entweicht aus der Seitenöffnung des Huts in die ihr entsprechende Abtheilung, die sich zur Hälfte damit angefüllt befindet. Man hat das Wasser in starker Bewegung vorgestellt, um die Wirkung der Maschine merklicher zu machen; in der Wirklichkeit aber ist sie so sanft, dafs sie die Regelmäfsigkeit des Luftstroms nicht beeinträchtigt. Wenn man beide Abtheilungen mit derselben Luft füllen will, ohne sich die Mühe zu machen, den Hut umzudrehen, so darf man nur den Hahn der Verbindungsröhre Y öffnen, worauf die Luft gleichmäfsig in beide treten wird. Man sieht, dafs die Luft in den beiden Abschnitten einem hydrostatischen Druck ausgesetzt ist, und dafs sie durch die Ausführungsröhre entweichen würde, Falls ihre Hähne nicht geschlossen wären. In Fig. 4 sind diese Röhren nicht vorgestellt, man bemerkt sie aber nebst ihren Hähnen in M N O, Fig. 1. Das Leder und die Nähte des Blasebalgs sind dem Gewicht einer beträchtlichen Wassersäule ausgesetzt; da aber dieser Druck ausserhalb ist, so dient er sie zusammen zu drücken, und macht diesen Theil der Maschine so vollkommen, dafs, wenn die Mündung der Saugröhre verschlossen ist, es unmöglich fällt, den obern Theil des Blasebalgs aufzuheben, ohne die ausserordentlich grofse Kraft anzuwenden, welche nöthig sein würde, um darin einen luftleeren Raum hervor zu bringen. *Gehlen* meint in einer hiezu (im N. allg. Journ. d. Chemie, B. I, p. 296) gemachten Anmerkung, dieser Apparat könne wohl zugleich als eine wohlfeile Luftpumpe dienen, wenn man die Saugröhre oben bei I mit einem (allenfalls durch einen Hahn zu verschliessenden und abzunehmenden) Teller versähe.

Im dritten Theile seiner Abhandlung handelt *Hare* von den Anwendungen seines Apparats, und den Mitteln, ihn mit Gas zu füllen. Man kann ihn gebrauchen, eine kleine Flamme mit atmosphärischer Luft zu unterhalten, in allen den Fällen, wo man sich sonst des gewöhnlichen Löthrohrs bedient. Zu diesem Behuf setzt man eine Lampe oder ein Licht auf die Stütze oder den Untersatz, welcher durch die Schraube F, Fig. 1, getragen wird; indem man die Schraube höher oder niedriger stellt, und das Stück Holz, durch welches sie geht, vorwärts oder rückwärts schiebt,

kann man den Untersatz so stellen, dafs die kleine Oeffnung X an die Flamme kommt. Man kann dann den Arm der eisernen Stange so lange bewegen, bis die Flamme der Lampe hinlängliche Stärke hat, welches gewöhnlich geschieht, wenn das Wasser 2 oder 3 Zoll über der Scheidewand B steht. Hebt es sich höher, so kann man den Luftstrom dadurch regieren, dafs man den Hahn N mehr oder weniger öffnet. Wenn man mit einem Körper zu arbeiten hat, der nicht auf den Tisch gestellt werden kann, so darf man nur den kleinen Aufsatz mit dem Löthrohre a b, Fig. 7, auf eine der konischen Oeffnungen 0,0 der Entladungsröhren passen, eine Lampe oder ein Licht an den Rand des Tisches stellen, und indem man das, was man der Wirkung des Löthrohrs aussetzen will, in der Hand hält, die Flamme an die pafsliche Stelle richten. Auf diese Art hat man mit Flüssigkeiten gefüllte Kolben hermetisch versiegelt.

Der durch diesen Apparat bewirkte Luftstrom ist beständig gleichförmig. Die durch Herabsteigen des Wassers bewirkte Verminderung des Drucks hat durch 6 Minuten keinen merklichen Einflufs auf die Flamme, und in dieser Zeit kann man den Arm so sanft bewegen, dafs man nicht die mindeste Ungleichheit im Luftstrom bemerken kann. Ist der Apparat ganz mit Luft gefüllt, so kann man, je nachdem die Hähne mehr oder weniger geöffnet sind, länger als eine Stunde einen immer gleichen Luftstrom haben. Soll das hydrostatische Löthrohr zu den Arbeiten des Emaillirers gebraucht werden, so darf man es nur an die Stelle der bei ihnen sonst gebräuchlichen Blasebälge setzen.

Grofsen Vortheil soll das hydrostatische Löthrohr auch beim Glasblasen gewähren. Beim gewöhnlichen Verfahren findet eine grofse Unbequemlichkeit Statt, die man nicht zu vermeiden wufste. Man kann nemlich nicht alle Stellen eines Körpers der Hitze aussetzen, ohne ihn beständig zu drehen. Es giebt aber Röhren von einem sehr strengflüssigen Glase, die man nicht vermittelst der Bewegung um die Axe schmelzen kann, sondern die man nur dadurch in Flufs bringt, dafs man die Flamme beständig auf denselben Punkt richtet. Unser Apparat giebt uns dazu die Mittel. Man nehme zu dieser Absicht eine länglichte Lampe mit zwei Dochten X W, Fig. 1, welche in zwei Dillen befestigt sind, die in einer der Länge der Lampe nach befindlichen Fuge sich hin und her schieben, und also nähern oder von einander entfernen lassen. Man stellt diese Lampe auf den Untersatz T V in der Art, dafs der eine Docht an der Mündung der Ausführungsröhre bei X zu stehen komme. Die andere Röhre ist bei W auf die abgebildete Art gekrümmt, damit die Flammen der beiden angezündeten

Dochte sich vermischen können, wie man in der Figur sieht. Der Erfolg davon ist, daſs eine Röhre von weitem Durchmesser durch die vereinte Wirkung zweier Flammen leichter geschmolzen werden kann, als es durch eine geschehen würde, und daſs, da sie gleichförmiger erhitzt wird, man sie leichter, und ohne Gefahr sie zu entstellen biegen kann.

Herr *Hare* bemerkt auch, daſs die Maschine, so wie wir sie in der Figur vorgestellt haben, zu verwickelt und zu theuer ist, wenn man sie blos als gewöhnliches Löthrohr, oder an Statt des Emaillirtisches gebrauchen will. Die Künstler werden sie, wenn sie die Grundsätze befolgen, die den Verfasser bei ihrer Zusammensetzung leiteten, nach ihren Bedürfnissen vereinfachen können. Die Maschine, so wie sie auf der Tafel abgebildet ist, kostete zu Philadelphia 20 Dollars (ohngefähr 105 Franken oder 26 Rthlr.); eine zur Ersetzung des gemeinen Löthrohrs oder der Emaillirlampe bestimmte, würde kaum mehr als den fünften Theil dieser Summen kosten. Man kann den Apparat mit allen Gasarten füllen, indem man sie aus Glocken zieht, die in einem pneumatisch chemischen Apparat befindlich sind, und in jede Abtheilung ein verschiedenes Gas bringen, indem man den Hahn der Communikationsröhre schlieſst. Um diese Operation einzusehen, denke man sich die hydropneumatische mit Wasser gefüllte Wanne Fig. 5 a mit ihrer Brücke, auf der die Glocke b steht, die das Gas enthält. Man verbindet die Röhre I, Fig. 1, luftdicht mit der Saugröhre in I, bringt die heberförmige Röhre L unter die Glocke, und hebt den Blasebalg in die Höhe, der sich nun mit der in der Glocke befindlichen Luft anfüllt, welche in die der Seitenöffnung des Huts correspondirende Abtheilung tritt, und auf diese Weise bald aus der Glocke heraus gezogen wird. Man kann auch unmittelbar aus der Retorte oder dem Kolben, in welchem sich die Luft entwickelt, diese in den Apparat treten lassen. Es sei D Fig. 6 die Röhre D der ersten Figur abgesondert von der Maschine, B sei ein Kolben mit der Substanz, aus der die Luft entwickelt werden soll, und C eine in den Hals des Kolbens lutirte Röhre; man sieht, daſs das entbundene Gas bis an das Ende der Röhre D kommen, und wenn man diese Röhre als an ihrem Platze D, Fig. 1, befindlich annimmt, in diejenige Abtheilung der untern Kammer treten werde, welcher das Ende der Röhre sich zugekehrt befindet; daſs es diese Abtheilung allein anfüllen werde, wenn der Hahn der Communicationsröhre Y verschlossen ist, beide hingegen, wenn man ihn offen läſst.

Während man eine der Abtheilungen mit einem Gas anfüllt, kann man die andere mit einem verschiedenen füllen, ohne irgend einige Furcht,

sie mit einander zu vermischen, und auf diese Weise kann man in demselben Recipienten Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, oder Sauerstoffgas und atmosphärische Luft abgesondert von einander einschliessen. Diejenigen, die grofse Quantitäten von Sauerstoffgas anwenden wollen, werden es vortheilhaft finden, sich eines eisernen Kolbens zu bedienen mit einem kurzen weiten Halse, der mit einem ohngefähr 15 Zoll langen Stück eines Flintenlaufs verbunden ist, in welchem man die Fortleitungsröhre vermittelst eines Korks befestigt. Wenn der Kolben, wie gesagt, einen kurzen und weiten Hals hat, so kann er leicht von dem Rückstande gereinigt und aufs Neue gefüllt werden.

Vermittelst des hydrostatischen Löthrohrs kann man zu sehr vielen Versuchen, die durch das Verbrennen des Wasserstoffgas mit dem Sauerstoffgas hervorgebrachte Hitze anwenden. Da man aber zu Versuchen im Kleinen den Gebrauch des Sauerstoffgas allein vorziehen könnte, so giebt der Verfasser die Mittel an, sich desselben zu bedienen. Er räth dieses Gas in der einen Abtheilung in Reserve zu behalten, bis man die gröfste Hitze nöthig hat, und sich bis dahin der in der andern Abtheilung eingeschlossenen atmosphärischen Luft zu bedienen. Man sieht, dafs, wenn die kegelförmigen Enden der Ausführungsröhren mit engen Röhrchen bekleidet sind, man leicht den Platz einer auf die Stütze T gestellten Lampe oder eines Lichts verändern, und sie der einen oder der andern Röhre aussetzen könne, je nachdem man einen Körper, der durch Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft bewirkten Hitze aussetzen will. Im vierten Kapitel seiner Abhandlung geht der Verfasser die Unbequemlichkeiten durch, die mit der Verbrennung der Kohle durch Sauerstoffgas unzertrennlich verbunden sind; er stellt die Vortheile auf, welche man erlangt, wenn man sich Statt ihrer des Wasserstoffgas bedient, und kommt nachher zu den dadurch bewirkten Erfolgen.

Er bemerkt, dafs, wenn man sich der Kohle bedient, man viele Mühe habe, den zu untersuchenden Körper in den Focus der Hitze zu bringen, ohne den Luftstrom, der die Verbrennung unterhält, zu unterbrechen. Dadurch wird nicht allein der Focus erweitert, und die Hitze verringert, sondern der Luftstrom oxydirt auch die verbrennlichen Substanzen, und erkältet die, welche unverbrennlich sind, wenn er auf sie trifft, ehe er sich mit der Kohle verbunden hat. Ueberdies verzehrt sich die Kohle so schnell, dafs die dem Versuche ausgesetzte Substanz sehr tief darin einsinkt, so, dafs es unmöglich ist, ihr mit dem Auge oder mit der Mündung des Löthrohrs zu folgen. Oft sieht man Substanzen in die Poren der Kohle laufen,

und sich so jeder Untersuchung entziehen. Zur Abhelfung dieser Unbequemlichkeit war zu wünschen, daſs, indem man die Unterfläche der Körper mit der Kohle in Berührung hielt, man auf ihre Oberfläche eine Substanz anbringen könnte, welche fähig wäre, eine der weiſsglühenden Kohle gleiche Hitze zu bewirken, oder, daſs man die Körper auf einer festen Unterlage einer so hohen Temperatur auszusetzen im Stande wäre, als durch die Vereinigung der porösen Kohle mit Sauerstoff hervorgebracht wird. Man kann nicht anstehen, sich zu überzeugen, daſs man diesen Zweck durch das Wasserstoffgas erreichen könne, welches nach bekannten Erfahrungen (S. Wasserstoffgas, Sauerstoffgas und Feuer, B. I, p. 129 u. 130) während seiner Verbrennung mehr Wärme entwickelt, als jeder andere Körper. Das Wasserstoffgas bedarf zu seiner Verbrennung das meiste Sauerstoffgas; bei der Verbindung der Basen dieser beiden Gasarten wird aller Wärmestoff frei, und das aus ihrer Verbindung entstehende Wasser, das sich im dampfförmigen Zustande befindet, hält den Wärmestoff so schwach zurück, daſs es sich nur so viel zueignet, um im flüssigen Zustande zu bleiben, und diese Quantität ist die einzige, die beständig fortgeführt wird. Bei Verbrennung der Kohle wird weniger Wärme frei, und geht mehr davon verloren, weil eine groſse Menge Wärmestoff durch die Kohlensäure absorbirt wird, die ihn braucht, um den gasförmigen Zustand anzunehmen. Dies sind die Gründe, die den Verfasser veranlaſsten, sich des Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zu bedienen. Ehe aber von ihnen Gebrauch gemacht wurde, muſste man ein Mittel auffinden, ein Gemisch beider Gasarten zu verbrennen, ohne Explosion zu befürchten zu haben. In dieser Absicht sind eben die beiden Abtheilungen in dem Apparate angebracht, deren jede mit einer besondern Gasart gefüllt wird, wie oben detaillirt ist. Zwei kupferne Löthrohre a b, Fig. 8, sind mit ihren Mündungen in zwei Gänge gepaſst, die in dem abgestumpften Kegel von feinem Silber c, dessen mittlerer Durchmesser ein Drittel Zoll und die Länge drei Viertel Zoll beträgt, ausgehöhlt worden. Der Durchmesser des einen Gangs ist so groſs, daſs man eine gewöhnliche Nadel hinein bringen kann, der andere ist ein Drittel enger. Diese beiden Gänge sind an der Oberseite des abgestumpften Kegels abgesondert, sie öffnen sich, jeder nahe an dem Umkreise desselben; von da an neigen sie sich im Herabsteigen gegen einander, vereinigen sich in einem Abstande von ohngefähr anderthalb Linien von der Unterfläche des Kegels, und bilden einen einzigen Gang, welcher sich an der Unterfläche des Kegels öffnet, und einen Durchmesser hat, der dem des weitesten Gangs gleich ist. Man hat die Ansicht dieser Einrichtung in d d, c, Fig. 8.

Die Löthröhre a, b werden an die Entladungsröhren O, o gepafst, und zwar so, dafs das Löthrohr, welches in den weitesten Gang des abgestumpften Kegels gesteckt ist, derjenigen Abtheilung des Apparats entspricht, welche das Wasserstoffgas enthält, dagegen das andere mit der das Sauerstoffgas einschliessenden Abtheilung in Verbindung gesetzt wird. Man öffnet den Hahn der Wasserstoffgasröhre so weit, dafs so viel davon herausströme, um angezündet eine Flamme etwas kleiner als die eines Lichts zu geben. Man bringt nun die zu untersuchende Substanz, welche man auf eine Kohle oder einen andern festern und unverbrennlichen Körper gelegt hat, unter die Flamme, und dreht den Hahn der Sauerstoffgasröhre, bis das Licht und die Hitze die gröfste Stärke erlangt zu haben scheinen. Alsdann kann das Auge den Glanz des Lichts nicht ertragen, und die strengflüssigsten Körper können der Wirkung der hervorgebrachten Hitze nicht widerstehen. Es ist indessen zu bemerken, dafs das Licht und die Hitze bei dieser Verbrennung erst merklich werden, wenn man der Flamme einen Körper aussetzt, welcher fähig ist, entweder das Licht zurück zu werfen, oder die Wirkung der Hitze sichtbar zu machen. An die Stelle des abgestumpften Kegels d, c, d, kann man den d, e, d gebrauchen. Die in seinem Innern ausgehöhlten Gänge begegnen sich nicht, sondern lassen ihr Gas jeder durch eine besondere Oeffnung in eine kleine Kammer treten, welche am untern Ende des abgestumpften Kegels angebracht ist. Die punktirten Linien bezeichnen die Gänge, und die krumme Linie die Kammer, welche drei Linien weit und hoch ist. In f sind die Löthröhren abgebildet, deren man sich zur Schmelzung der Platina, oder der Körper, die ein beträchtliches Volum haben, bedient; sie bestehen in zwei Röhren, deren eine weit, die andere enger ist. Die Mündung der letztern ist in die der erstern eingefügt, wie die punktirten Linien es zeigen. Man kann, wenn es darauf ankömmt, die in dem hydrostatischen Löthrohre enthaltenen Gasarten prüfen, indem man vermittelst gebogener Röhren, und lederner Schläuche, welche an die Hähne Z Z, Fig. 1, angebracht worden, Eudiometer mit ihnen anfüllt. Nachdem der Verfasser seine Maschine beschrieben, geht er zu den Versuchen über, die er mit den feuerbeständigsten und strengflüssigsten Substanzen in der vermittelst des Verbrennens von Sauerstoff- und Wasserstoffgas bewirkten Hitze angestellt hat, die wir bei den exponirten Substanzen vorbringen werden. Die Hitze der Gasflamme ist von den verhältnifsmäfsigen Mengen der beiden Gasarten abhängig, welche man anwendet. Die Oeffnungen der Schüssel der Hähne M, N, n, mufsten daher enge und länglicht sein, damit man Mittel in Händen habe,

die Menge der ausströmenden Gasarten gradweise zu vermehren oder zu vermindern.

Endlich hat noch *Dan. Eric Naezén* (*Vetensk. Acad. nya Handlingar*, *år.* 1804, 1 Quartal) eine Abänderung des gewöhnlichen Löthrohrs angegeben. Das neue Blasrohr besteht aus einer starken dicken Ochsenblase mit einem langen beweglichen Rohre, welches in dem einen Ende der Blase befestigt, und oben mit einem Mundstücke versehen ist; oben auf der Blase, nahe an dem andern Ende, ist auch eine Oeffnung, woraus ein messingenes Rohr hervorgeht, oben mit einem Schraubengange versehen, worin eine gebogene Röhre geschroben wird, deren Spitze man in den Docht der Lampe stellt. Will man hiemit einen Versuch machen, so setzt man sich an die Seite eines Tisches, in welchen man ein Loch gebohrt hat, woraus das messingene Rohr hervorgeht, welches die Ausgangröhre aufnimmt, füllt die Blase mit Luft an, und drückt beide Seiten gelinde mit den Knien, so strömt so viel Luft heraus, als man zu einem Feuer gebraucht, und man kann durch abwechselndes Zublasen die nöthige Luft in der Blase erhalten. Die Vortheile dieses Blaserohrs sind: 1) dafs es einen beständigen gleichen Luftstrom giebt, so stark wie man ihn haben will, welches vom Druck der Kniee abhängt; 2) dafs die Lungen nicht so angegriffen werden, da man ruhen kann; 3) dafs des Körpers Stellung gezwungen ist; 4) beide Hände frei sind; 5) dafs das Wasser sich in der Blase sammelt; 6) die Kosten frei sind, und 7) jeder sich dessen bedienen kann, da es sonst schwer ist, das ununterbrochene Blasen zu lernen.

Atmosphärische Luft und Elektricität.

Ueber die in der Atmosphäre anzutreffende, derselben specifische, Elektricität ist das Nöthige bei den Attributen der Luft unter der Aufschrift: Elektricität der Luft (S. B. II, p. 307 ff.) angeführt. Hier wird das Verhalten der entbundenen Elektricität zu der Luft abgehandelt werden. Da aber beiderlei Kenntnisse durchaus in einander fliessen, so mufs der obige Artikel mit diesem verglichen werden, wenn man eine erschöpfende Kenntnifs von den Erfahrungen über die Relation zwischen beiden Potenzen erlangen will.

Affinität. — *Marat* sagt (phys. Unters. über die Elektricität, aus dem Franz. von Weigel, p. 404): weil die reinste Luft durch sein Verfahren in dem verfinsterten Zimmer zu beobachten sichtbar werde, so könne man sich

durch die Annäherung des Stromes, welchen sie beim Ausfahren aus einer kleinen an den Behälter der Druckpumpe angebrachten Glasröhre bildet, an einen elektrischen Strom, überzeugen, daſs diese Flüssigkeiten keine Verwandtschaft zu einander besitzen, weil ihre Ströme nicht abgelenkt zu werden scheinen. 1)

Schnelligkeit, mit der die Elektricität die Luft durchstreicht. — *Marat* führt an (a. a. O. p. 335), ob es gleich den Ausschlägen der Berechnung der Schnelligkeit, mit der die Elektricität durch die atmosphärische Luft fahre, an bestimmter Genauigkeit fehle, so sei es doch schwer, daſs diese Flüssigkeit, selbst in den mittlern Gegenden des Dunstkreises, wo sie viel wenigern Widerstand, als in den untern finde, eine sehr merkliche Zeit zu Durchlaufung eines mäſsigen Raums gebrauche. Bei der Vergleichung mit der Flüssigkeit des Lichts könne man sagen, daſs sie nur über die Luft fortschleiche. (Vergl. B. I, p. 54 u. 55.)

Leitung der Luft. — *Dr. Desaguliers* scheint der Erste gewesen zu sein, welcher ausdrücklich meldete, daſs die reine trockne Luft, unter die an sich elektrischen Körper gezählt werden müsse; und daſs Frost und kalte Luft, wobei die wenigsten Dünste aufsteigen 2), mehr elektrisch sei, als im Sommer. Auch nahm er als gewiſs an, daſs die Theilchen der reinen Luft beständig in dem elektrischen Zustande des Glases sich befänden. (*Phil. Transact.* Nr. 462, Art. IV; *Phil. Transact. abridged*, Vol. VIII, p. 437 u. 438; Priestley's Geschichte der Elektricität, teutsch durch Krünitz, p. 43; Gralath's Geschichte der Elektr. in den Danziger Abhandl. Th. I, p. 358.) Er las seine Abhandlung, worin er diese Meinung vortrug, am 14. Jan. 1742 der Londoner Akademie vor. — Daſs reine trockne Luft ein Nichtleiter sei, behaupten auch *Watson* (bei Gralath a. a. O. p. 413); *Ingenhouſs* (Vermischte Schriften, übersetzt von Molitor, B. I, p. 54); *Gren* (Grundriſs der Naturlehre, Halle 1793, p. 662); *Gehler* (in s. phys. Wörterb. B. I, p. 722 u. 732, II, 875); *Fischer* (phys. Wörterb. B. II, p. 26); *Schrader* (Voigt's Magaz. f. d. neuest. Zustand der Naturk. B. I, St. 1, p. 100). *Nollet* bemerkt (*Mem.*

1) *Dieser Beweiſs mögte doch wohl sehr hinkend sein; denn, zugegeben, daſs ein materielles Substrat Ursache der elektrischen Phänomene ist, kann man doch wohl 1) nicht annehmen, daſs das, welches als Ausfahrendes aus dem elektrisirten Körper erscheint, reines Elektrisches konstituirt, indem es a) mit Elektricität inficirte bewegte atmosphärische Luft, b) ausfliessender Bestandtheil des elektrisirten Körpers, der schon vorher in demselben verhanden war, ehe Elektricität hinzu trat, c) am wahrscheinlichsten a und b zugleich sein kann, und man also von dem Verhalten des Ausflusses auf das Verhalten der Elektricität nicht schlieſsen darf; 2) wäre es möglich, daſs, wenn man auch von dem Abfliessenden auf die Elektricität schliessen könnte, die wirklich bestehende Verwandtschaft zwischen dem Elektrischen und der Luft durch die nähere Verwandtschaft der Elektricität zu dem elektrisirten Körper in ihrer Aeuſserung gehindert werde. Es könnte demnach nach 2) nur durch Versuche bestimmt werden, in welchem gegenseitigen Verhältnisse verschiedene Substanzen in Hinsicht auf die Verwandtschaft zur Elektricität stehen. 3) Das Resultat kann nach der verschiedenen Thätigkeit der Druckpumpe verschieden sein.* v. S.

2) *Vergleiche Luft Elektricität und Wärme, und Luft Wasser und Elektricität.*

de Mathematique et de Physique de l'Académie à Paris, *an.* 1753, *p.* 495 f.), man habe mit einigem Grunde aus Versuchen geschlossen, daſs man die Luft unter die Körper zählen müsse, die besser durch Reiben, als durch Mittheilung elektrisirt werden; noch vielmehr Gründe gebe es aber, die Luft nicht für so absolut der Elektricität undurchdringlich anzunehmen, als man gewöhnlich behaupte, da die Lichtbüschel sich mehrere Zoll durch die Luft erstrecken, und die Leiter sich gegenseitig Elektricität mittheilen und rauben, obgleich mehr als fuſsdicke Luftmassen sich zwischen ihnen befinden. Es sei wahr, daſs in der Luft von verschiedener zufälliger Beschaffenheit die elektrischen Phänomene in verschiedener Energie bemerklich seien, aber es gebe keinen Zustand der Atmosphäre, der sie gänzlich unmerklich mache. — Nach *Beccaria* (*Lettere dell' Elettricismo*, *p.* 347) läſst die Luft die Elektricität, welche sie erhalten hat, sehr langsam fahren. *Gardini* bemerkt (Abhandlung über die Natur des elektrischen Feuers, aus dem Lateinisch. von Geiſsler, p. 21) die Luft halte das elektrische Feuer zurück, und lasse es nicht so leicht durch. *Sennebier* sagt (physik. chem. Abhandl. über den Einfluſs des Sonnenl. etc. Th. III, aus dem Franz. p. 135), das elektrische Flüssige könne die trockne Luft nicht durchdringen. *Cavallo* bemerkt (Vollständ. Abhandl. über Elektr. u. s. w. aus. dem Engl. 2te Auflage, p. 76), die Luft sei kein vollkommener Leiter, und nehme also leicht in einer Schicht, die sich nicht weit von dem elektrisirten Körper aus erstrecke, die entgegengesetzte Elektricität an; auf diese Schicht folge eine andere bis auf eine kleine Entfernung von der ersten, welche wieder die entgegengesetzte Elektricität von der ersten habe; und so folgen sich immer Schichten mit abwechselnden positiven und negativen Elektricitäten, die aber an Kraft immer abnehmen, bis dieselbe endlich ganz verschwinde. An einem andern Orte, (a. a. O. p. 207.) setzt er noch hinzu, daſs die Luft keineswegs ein vollkommen elektrischer Körper sei, und daſs die in den Körpern erregte Elektricität sich dadurch nach und nach zerstreue. *Kratzenstein* behauptet die trockne Luft sei weder ein für sich elektrischer noch die Elektricität merklich fortleitender Körper, weil dieselbe lange und mit Heftigkeit gegen einen unelektrischen Körper geblasen, durch das daher entstehende Reiben keine Elektricität errege; gegen elektrische Körper aber geblasen, deren elektrische Kraft allerdings erwecke. (Kratzensteins Vorlesungen über Experimental-Physik, sechste Auflage, Copenhagen, 1787. p. 165; Lichtenbergs Magaz. für das Neueste aus der Physik u. s. w. B. I. St. 4. p. 128; Wieglebs Magie, B. X. p. 13;) *Guyton Morveau* bemerkt (*Encyclop. méthod. Chimie* T. I. p. 763.) die trockne atmosphärische Luft sei bei ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit kein guter Elektricitätsleiter. *Marat* erzählt (phys. Unters. üb. Elektric. v. Weigel übers. p. 107.) Seide und Luft seien die besten, die

Elektricität absondernden Körper, indessen könne die Luft nicht zu den für Elektricität undurchgänglichen Körpern gerechnet werden, weil der elektrische Stoff leicht durch sie hindurch gehe, wovon man überwiesen werde, wenn man einen Funken aus dem Leiter der Elektrisirmaschine ziehe (p. 166); die verschiedenen Ausflüsse, welche die Luft aufgelöst enthalte, machen sie immer mehr oder weniger zur Fortpflanzung geschickt, und es behalten die abgesonderten Körper die Flüssigkeit, welche man an ihren Oberflächen anhäuft, unten im Dunstkreise nur eine sehr kurze Zeit, welche immer um desto kürzer sei, jemehr er mit feuchten Dünsten sich angeschwängert befinde 1). *Mayer* sagt (Aufangsgründe der Naturlehre, 2te Auflage, p. 402.) dafs die Luft im trocknen Zustande zu den Nichtleitern gehöre sei klar, denn sonst würde man keinen Körper in der Luft elektrisiren konnen; doch bemerkt er zugleich, dafs es keine ganz vollkommene Nichtleiter gebe. Ganz im Allgemeinen führen die Luft als Nichtleiter auf: *Euler* (Briefe über verschied. Gegenstände der Naturlehre; aus dem Französischen von Kries Th. I. p. 158 und 239.) *De Luc* (Neue Jdeen über Meteorol. Th. I. aus dem Franz. p. 225 u. 245; Neue Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, B. II. p. 152.) *Donndorff* (Lehre von der Elektricität, B. II. p. 136.) *Aldini* (*Annali di Chimica del Sr. Brugnatelli*, T. XIII. p. 135; Gilberts Annalen d. Phys. B. IV. p. 419); *Lampadius* (Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie, p. 150). *de Luc* bemerkt dabei (a. a. O. p. 245.) ohngeachtet sie nicht leite, so könne sie doch bei der Berührung elektrische Materie aufnehmen. Dafs die Elektricität frei in die Luft gehe, ohne durch einen Körper zurückgehalten zu werden, suchte *du Fay* durch folgenden Versuch zu erweisen: Er nahm zwei finger dicke Zwirnseile, deren eines S A 6 Fufs und das andere, C B 8 Fufs Länge hatte. Jedes von ihnen befestigte er an einem Ende an einer von zwei seidenen Schnüren D E und F G, welche die Seile rechtwinklicht durchschnitten, und so angebracht waren, dafs, wenn man sie in der Parallellinie von einander entfernte, oder einander näherte, die beiden Enden der beiden Seile gleichfalls von einander entfernt oder einander genähert wurden, so dafs man sie in der beliebigen Distanz von einander auf diese Art halten konnte. An dem Ende B des Seils von 8 Fufs Länge hing eine hölzerne Kugel, und das entfernteste Ende des Seils von 6 Fufs war an einer dritten seidenen Schnur bei S festgemacht, um es in der Luft zu erhalten; jezt wurden die beiden Seile um einen Zoll von ein-

1) *Unter zulassenden Körper will Herr Marat die verstanden wissen, die fähig sind andern Körpern Elektricität zu entziehen, fortpflanzenden die, welche sie andern Körpern mittheilen können, durchlassenden die, welche sie nicht hindern, auf andere Körper zu wirken.*

einander entfernt, und dem Ende S des Seils S A wurde eine geriebene Glasröhre genähert; die Elektricität war eben so merklich in der Kugel als wenn das Seil bis zu derselben ununterbrochen fortgegangen wäre, bei einer Entfernung von 3 Zoll war sie noch sehr merklich, von 6 Zoll etwas weniger, von 1 Fuſs viel weniger, und ohngefähr so wie in der Entfernung von 1256 Fuss bei einem ununterbrochenen Seile. (*Mémoir. de Mathém. et de Phys. de l'Acad. à Paris. an.* 1733. p. 248. ff.) Saussure sagt (*Voyages dans les Alpes, T. III;* Reisen durch die Alpen T. III, Leipzig 1787, p. 233; Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Physik, u. s. w. B. IV. St. 3. p. 75.) obschon die Luft dem Ausflusse der elektrischen Flüssigkeit wiederstehe, so setze sie ihm doch keine unüberwindliche Hindernisse in den Weg; sie lasse die Flüssigkeit nach und nach durchgehn, und dieſs, wenn alle andere Umstände gleich seien, um desto leichter, je geringer ihre Masse sei. *Coulomb* führt an (*Mém. de Mathemat. et de Physique an.* 1787. p. 53.) da die Luft kein vollkommener idioelektrischer Körper, und da sie mit feuchten leitenden Theilchen beladen sei, so müsse das elektrische Fluidum eines elektrisirten Körpers mehr oder weniger in die denselben umgebenden Luftschichten eindringen, doch betrage dieses Eindringen bei sehr trocknen Tagen so wenig, daſs man es bei Schätzungen der Elektricität ganz aus der Acht lassen könne, wie ihn Versuche gelehrt haben 1).

Elektrisiren der Luft durch Mittheilung. — *Canton* und *Beccaria*, ersterer in England, letzterer in Italien, entdeckten zugleich zuerst, daſs die Luft durch Mittheilung Elektrizität annehmen könne (Philos. Transact. Vol. XLVIIII, P. I, p. 300. Priestley's Geschichte der Elekt. teutsch durch Krünitz, p. 130; *Lettere dell' elettricismo del Padre Beccaria p.* 87; *Donndorffs* Lehre von der Elektricität, B. II., p. 477; Neue Abhandl. der schwed. Akad. der Wissenschaft. J. 1786. teutsch, durch Kästner, B. VII, p. 9; Fischers phys. Wörterb. B. I. p. 906.) Canton machte seine Versuche mit ein paar Kugeln, welche auf einer Drehbank aus dem trocknen Kerne eines Hollunderbaums gemacht waren. Diese legte er in ein kleines enges Kästchen mit einer Schieblade, welche so eingerichtet war, daſs die Fäden, die von feinsten Zwirne waren, in der Schachtel gerade der Länge nach lagen. Wenn er dieses Kästchen an dem Ende des Deckels hielt, hingen die Kugeln an einem Nagel inwendig frei. Wenn diese Kugeln in einer gehörigen Entfernung von Gebäuden, Bäumen u. dergl. aufgehängt waren, zeigten sie sogleich die Elektrizität der Atmosphäre; auch bestimmten sie ob die Elektrizität der

1) *Man vergleiche den Artik. Leitung der Luft mit der Categorie im zweiten Th. Körper Luft und Elektricität.*

Luft positiv oder negativ sei; positiv war sie nemlich, wenn bei Annäherung eines geriebenen Bernsteins oder Siegellacks die Kugeln sich einander näherten, negativ, wenn sie weiter aus einander gingen. Durch diesen Apparat beobachtete er, dafs es möglich sei, die Luft eines Zimmers nahe an der Maschine zu elektrisiren, und sogar die Luft des ganzen Zimmers, in welchen sich dieselbe befand, zu einem beträchtlichen Grade, und zwar war er dieses sowohl positiv als negativ zu bewirken vermögend. In einer d. 6. Decemb. 1753. der Londoner Gesellschaft vorgelegten Abhandlung bemerkt er, dafs die gemeine Luft eines Zimmers zu einem beträchtlichen Grade elektrisirt werden könne, so dafs sie ihre Elektricität auf eine gewisse Zeitlang nicht fahren lasse. Nachdem er die Luft seines Zimmers vermittelst eines Feuers recht ausgetrocknet hatte, elektrisirte er eine blecherne Röhre, an deren Ende sich ein Paar der beschriebenen Kugeln befand, zu einem hohen Grade, wobei sich zeigte, dafs die benachbarte Luft gleichsam elektrisch geworden war; denn als er die Röhre ableitend berührte, fuhren die Kugeln dennoch fort, obgleich in keiner so grofsen Entfernung wie vorher, einander zurück zu stofsen. Er bemerkte indessen, dafs ihr Abstofsen schwächer wurde, jemehr man sie dem Boden, dem Pannelwerke, oder einem andern Hausgeräthe näher brachte; und dafs sie sich einander berührten, wenn man sie auf eine kleine Entfernung an einen Conductor hielt. Er sah, dafs etwas von dieser elektrischen Kraft noch eine Stunde nachher, als er die Röhre gerieben hatte, fortdauerte, wenn das Wetter sehr trocken war. Um die Luft, oder die in ihr enthaltenen Feuchtigkeiten negativ elektrisch zu machen, legte Herr *Canton* zwischen zwei Stühle, die er mit dem Rücken gegen einander, ohngefähr 3 Fufs weit von einander stellte, auf Seide ein blechernes Rohr, steckte in das eine Ende desselben eine feine Nähnadel, und rieb Schwefel, Siegellack oder eine rauhe Glasröhre drei oder vier Minuten lang an dem andern Ende des Rohrs so nahe als er konnte. Alsdann ward die Luft negativ elektrisch, und blieb es noch eine geraume Zeit, nachdem er das Geräthe bereits in ein anderes Zimmer gebracht hatte. (*Philosoph. Transact. Vol.* 48. P. I. p. 787; Hamburgisches Magazin, B. XXIV. St. 4. pag. 353.) Später gab er noch eine andere Vorschrift zum Elektrisiren der Zimmerluft (bei Priestlei a. a. O. p. 132.) „Man nehme" sagt er „eine geladene Phiole in die eine Hand, und ein isolirtes brennendes Licht in die andere, gehe in ein Zimmer, bringe den Draht der Phiole ganz nahe an die Flamme des Lichts und halte denselben ohngefähr eine halbe Minute lang daran; als dann trage man die Phiole und das Licht aus dem Zimmer hinaus, komme mit den aus dem Mark eines Ahornzweiges oder Hollunderbaums rund geschnittenen Kugeln, an einem Drahte an Zwirnsfaden von 6 Zoll aufgehangen, wieder zurück, und halte sie mit ausgestrecktem Arme, so werden die Kugeln beim

Hineinbringen ins Zimmer sich von einander abzustofsen anfangen, und auf anderthalb oder zwei Zoll weit von einander abstehen, wenn man sie beinahe in die Mitte des Zimmers bringt.“ *Beccaria*, der von *Cantons* Versuchen noch gar keine Kunde hatte, bewiefs auch, dafs die nahe an einem elektrischen Körper befindliche Luft nach und nach dieselbe Elektricität erhalte, dafs diese Elektricität der Luft der Elektricität des Körpers entgegen wirke, und ihre Wirkungen schwäche, und dafs, so wie die Luft die Elektricität erhalte, eben so dieselbe auch langsam wieder fahren lasse. Er machte den Anfang seiner Versuche damit, dafs er Zwirnsfäden an eine elektrisirte Kette hängte, wobei er bemerkte, dafs dieselben, nachdem er seine Kugel nur einige Mal hatte herum drehen lassen, sehr stark auseinander fuhren. Nachher kamen sie wieder näher aneinander, ohngeachtet er die Kugel beim Umdrehen erhielt, und dieselbe so stark als jemals elektrisch geworden war. Als er die Kette eine Zeitlang im elektrischen Zustande erhalten hatte, und alsdann mit dem Reiben aufhörte, fielen die Fäden allmählig zusammen, bis sie parallel hingen. Hierauf fingen dieselben abermals an auseinander zu fahren, ohne dafs aufs Neue elektrisirt war; und wenn die Luft still war, hielt dieses zweite Auseinander fahren, eine Stunde lang, oder länger an. Dieses Auseinanderfahren wurde durch das Elektrisiren der Kette verringert; denn wenn die Kugel abermal gedreht wurde, wurden die Fäden anfänglich parallel, und fingen alsdann wieder an, wie vorher, auseinander zu fahren. Es fing demnach das zweite Auseinanderfahren der Fäden alsdann an, wenn die Kette ihrer Elektricität beraubt war, und das, was die atmosphärische Luft erhalten hatte, sich zu zeigen anfing. Wenn er unterdessen, dafs die Fäden von der Elektricität der Luft auseinander zu fahren anfingen, die Kette berührte, und dadurch das, was noch von Elektricität in ihr zurück geblieben war, hinweg nahm; so sonderten sich die Fäden noch weiter von einander. Es wurde demnach die Elektricität der Kette um so geringer, je mehr sich die Elektricität der Luft äufserte. Während dafs die Fäden zum zweiten Male auseinander fuhren, hängte er zwei andere Fäden, welche kürzer als die ersten waren, vermittelst eines andern seidenen Fadens an die Kette, und bemerkte, dafs sich dieselben, wenn alle Elektricität der Kette ganz und gar weggenommen war, ebenfalls wie die erstern von einander trennten. Wenn er andere Fäden an die ersteren bei ihrem zweiten Auseinanderfahren brachte, flohen sie alle vor einander. (*Lettere dell' Elettrtcismo* p. 90.) Vermittelst des fortgesetzten Elektrisirens seiner Kette will er eine cirkulirende Bewegung der gesammten Luft in seinem Zimmer hervorgebracht haben. *Wilke* bemerkt (in d. a. n. Abhandl. der Schwed. Acad. B. VII. p. 9), es entstehe auch durch der elektrischen Materie Strom und Ablauf nach einer gewissen Seite in der Luft selbst, weil dieselbe mitgeführt werde, ein wirklicher

Wind oder Luftstrom 1). Dergleichen elektrischer Wind oder Luftstrom zeige sich deutlich von allen Spitzen und Ecken an dichten Körpern, an denen nicht nur die Materie selbst in sichtbaren Feuerbüschen hervorbreche, sondern auch in der Luft selbst einen Wind errege, der an der Hand kalt empfunden werde, in Wasser, das man darunter halte, Gruben vertiefe, Licht auslösche, kleine Windmühlen treibe, und die Elektricität weit über den Wirkungskreis der übrigen Atmosphäre fortpflanze. Man könne diesen Luftstrom durch aufgestrichenen Phosphorus sichtbar machen, und es verhalte sich mit ihm, wie mit jedem andern Winde, und sei seine Ursache nur die um die Spitze elektrisirte und vermittelst der Repulsion fortgetriebene Luft. Beide Arten Elektricität erzeugen dergleichen Wind. 2) Aber die Gröſse des Feuerbüschels gebe einen Unterschied an; er sei bei der einen lang und flakkernd, bei der andern kurz und dicht. 3)

Marat sagt (Weigels Uebersetz. von Marats physischen Untersuchungen über Elektricität, p. 373.) „Was die zur Elektrisirung der umgebenden Luft angewandte Spitze auch für eine Richtung haben mag, so werden sich die (die Wirksamkeit der Elektricität anzeigenden) Kügelchen doch wenig, oder gar nicht von einander entfernen, wenn sie ein wenig unter dem Wasserpasse der Spitze befindlich sind. Oberhalb dieses Wasserpasses entfernen sie sich weiter von einander, und allezeit weiter, bis zu einer gewissen Höhe; wenn diese Stelle vorbei ist, so entfernen sie sich in gröſserer Höhe immer weniger und weniger von einander, bis sie zuletzt überall aufhören sich von einander zu entfernen. Daſs sich die Kügelchen sehr weit von einander entfernen, wenn die Scheibe auf den Tisch gestellt wird, auf dem die Elektrisirmaschine steht, rührt daher, daſs sie alsdann von der auf dem Leiter angehäuften Flüssigkeit angezogen werden. Auch fallen sie wieder zusammen, so bald man einen Funken auszieht, oder eine Pappe in einem geringen Abstande dazwischen stellt. Aber sind sie in gewisse Höhe gestellt so scheinen sie gar keine Wirkung zu leiden. Die Kügelchen bleiben auch länger über als unter dem Wasserpasse der Spitze von einander entfernt. Nachdem man einen metallenen Drath an den Leiter gebracht hat, welcher in einen mit verschiedenen einen Zoll langen, gleich weit von einander stehenden und waagerecht gestellten Spitzen versehenen Knopf ausgeht, so hänge man je zwei

1) *Vergl. der Darstellung der Erfahrungen über allg. verbreit. Potenzen B. I. p. 53.*

2) *Vergl. dieses Theiles B. I. S. 50 und die Kategorien, welche im 2ten Theile das Verhalten der Elektricität zur Körperwelt im Allgemeinen, und den Metallen im Allgemeinen abhandeln.*

3) Auf diese Phänomene stützt Herr *Wilke* seine Behauptung, daſs die Elektricität Hauptmitursache der Wolkenzüge sei.

und zwei ähnliche Korkkügelchen an gleich langen Zwirnsfaden an das Ende verschiedener, je drei Fufs von einander abstehender Arme eines vergoldeten hölzernen Stammes, und lasse die Elektrisirmaschine gehen. Thut diese eine starke Wirkung, so werden sich die Kügelchen jedes Paars, wenn die Zwirnsfäden neun bis zehn Zoll lang, und an ihrem in ein Stückchen Blattzinn eingewickelten Ende mit wenigem weichen Wachse an das Ende jedes Armes angeklebt sind, bei den ersten Umgängen des Rades auseinander geben, und wenn die Maschine eine gewisse Zeit geht, so werden sich die Kügelchen jedes Paares, den gemeldeten Verhältnissen entsprechend von einander entfernen. Da diese Verhältnisse sich aber mit der Stärke und Dauer der Elektrisirung wie mit der Menge der schon in der umgebenden Luft verbreiteten Flüssigkeit, ihrer Stufe der Wärme, und den Ausflüssen, mit denen sie gesättigt ist, verändern, so wollen wir hier die Aussschläge einiger zu verschiedenen Zeiten in Ermangelung eines zur Aufstellung eines höhern Gerüstes geschickten Platzes nur mit einem Gestelle mit vier Armen angestellten Versuche angeben. Am 11. Januar 1782, Morgens um neun Uhr, da der Himmel neblicht, die Luft feucht war, der Schweremesser auf 28 Zoll, und das Thermometer auf fünf Grade über den Gefrierpunkte stand, (die Höhe des Barometer und Thermometer sind immer in dem Zimmer genommen, wo die Versuche angestellt wurden), fing ich an die umgebende Luft durch zwölf Umgänge des Rades einer Elektrisirmaschine, welche viele Kraft hat, zu elektrisiren. Die Kügelchen A (Taf. XX. Fig 1) entfernten sich gar nicht von einander; die Kügelchen B entfernen sich 1) vier Linien weit von einander; die Kügelchen C entfernten sich drei Linien weit; die Kügelchen D zwei Linien weit von einander. Die Dauer ihrer Entfernung von einander befolgte beinahe die nemliche Fortschreitung, war aber sehr eingeschränkt. Sobald sie einander sämmtlich berührten elektrisirte ich die Luft durch 25 Umgänge des Rades; die Kügelchen A entfernten sich gar nicht von einander; die Kügelchen B sechs Linien, und blieben 10 Sekunden von einander entfernt; die Kügelchen C acht Linien, und blieben 19 Minuten und 20 Sekunden von einander entfernt. Wie sie einander wieder berührten, elektrisirte ich die umgebende Luft durch 36 Umgänge des Rades. Die Kügelchen A entfernten sich gar nicht; die Kügelchen B entfernten sich acht Linien, und blieben 18 Sekunden von einander entfernt; die Kügelchen C entfernten sich neun Linien und blieben 6 Minuten entfernt; die Kügelchen D entfernten sich zehn Linien

1) *Der Zwischenraum zwischen den Kügelchen jedes Paares ist von einem Beobachter mit Hülfe eines kleinen Quadranten gemessen und die Dauer der Entfernung von einander wurde nur von dem Augenblicke angerechnet, da Marat die Kurbel fahren liefs.* Marat.

und blieben zwölf Minuten entfernt. Endlich elektrisirte ich die umgebende Luft, nachdem sie zur Berührung unter einander gekommen waren, durch 60 Umgänge des Rades, die Kügelchen A entfernten sich zwei Linien weit von einander und bleiben eine Sekunde von einander entfernt. Die Kügelchen B entfernen sich 12 Linien von einander und bleiben 18 Minuten entfernt. Den 15ten Febr. 1782 um 11 Uhr Vormittages bei klarem Himmel, sehr reiner Luft, einem Stande des Barometers von 38 Zollen 3 Linien, und des Wärmemessers von fünf Graden unter dem Gefrierpunkte, elektrisirte ich die umgebende Luft durch 35 Umgänge des Rades einer Elektrisirmaschine, welche eine mittelmäſsige Wirkung hatte. Die Kügelchen A entfernten sich gar nicht von einander; die Kügelchen B entfernten sich 16 Linien, und blieben fünf Sekunden von einander entfernt. Die Kügelchen C entfernten sich vier Linien und blieben 40 Sekunden entfernt. Die Kügelchen D entfernten sich zwei Linien, und blieben 20 Sekunden entfernt. Sobald sie einander wieder berührten elektrisirte ich die umgebende Luft durch 30 Umgänge des Rades, und die Ausschläge waren fast die nemlichen. Am 3. März 1782 um vier Uhr Nachmittags, da der Himmel mit Wolken bedeckt, die Luft ziemlich feucht war, der Schweremesser auf 27 Zoll und 10 Linien, und der Wärmemesser auf sechs Grade über dem Gefrierpunkte stand, elektrisirte ich die umgebende Luft vermittelst einer Maschine, die eine vorzüglich starke Wirkung hervorbrachte, und nach einer groſsen Anzahl von Versuchen, die zur Verbreitung der elektrischen Flüssigkeit besonders dienlich waren. Die Kügelchen A entfernten sich drei Linien weit von einander. und blieben zwei Sekunden von einander entfernt. Die Kügelchen B entfernten sich 15 Linien, und blieben drei Minuten entfernt. Die Kügelchen C entfernten sich 19 Linien und blieben 22 Minuten entfernt. Die Kügelchen D entfernten sich 21 Linien, und blieben 34 Minuten entfernt. Jederzeit, wenn die Maschine nach einem Stillstande von 10 bis 12 Stunden zum Gehen gebracht wird, sind die Kügelchen, die sich ein wenig über dem Wasserpasse des Körpers befinden; aus dem die Flüssigkeit ausströmt, die ersten, die sich von einander entfernen, dann folgen die, welche sich ein wenig niedriger befinden, so die höchsten, und endlich die niedrigsten, wenn sich diese anders überall von einander entfernen 1).

1) Hieraus schlieſst *Marat*, daſs die Elektricität ein stärkeres eigenthümliches Bestreben habe aufzusteigen, als sich hinab zu begeben. Folgerechter möge wohl der Schluſs sein: Da die über dem Niveau des in der atmosphärischen Luft elektrisirten Körpers aufgehangenen Elektrometer eher afficirt werden, als die unter diesem Niveau befindlichen, so ist es wahrscheinlich, daſs die den elektrisirten Körper zunächst umgebende Luft durch die Elektricität verdünnt wird, also in der dichtern aufsteigen muſs, und so die elektrischen Einflüſse früher den obern als den untern Instrumenten empfinden läſst.

v. S.

Die Weite und Dauer der Entfernung von einander folgen der nemlichen Fortschreitung, sind aber beide sehr eingeschränkt. Alsdann ist die Gestalt des Wirkungskreises, der durch den Drath mit wagerechten Spitzen elektrisirten Luft die Gestalt eines Sphaeroids, dessen gröſster Durchmesser senkrecht auf dem Gesichtskreise stehen, und deren Mittelpunkt sich ein wenig oberhalb der Spitzen befinden würde. Ist die Maschine lange im Gange gewesen, so entfernen sich, wenn man sie wieder zum Gehen bringt, alle Kügelchen beinahe in den nemlichen Augenblicken, und entfernen sich desto weiter von einander, je höher sie über einander hängen. Die Dauer ihrer Entfernung von einander folgt der nemlichen Fortschreitung. Alsdann ist die Gestalt des Wirkungskreises der umgebenden Luft bis auf eine gewisse Höhe die Gestalt eines abgestutzten und umgekehrten Kegels, dessen Spitze sich, wenn das Elektrisiren nicht beträchtlich ist, ohngefähr einen Fuſs, wenn es aber sehr beträchtlich ist, einige Fuſs unterhalb der wagrechten Spitzen befinden, und dessen Grundfläche sich sehr hoch über denselben befinden würde. Man überzeugt sich hievon, wenn man den Abstand der an die Arme des Stammes von vergoldetem Holze gehangenen Kügelchen verändert, bis jedes Paar zu der Stelle gelangt, wo sie sich äuſserst wenig von einander entfernen. Aber um sie in ihrer völligen Erstreckung zu bestimmen, würde ein sehr geräumiger und hoher Ort erfordert werden, weil die Nachbarschaft der Körper, der Entfernung der Kügelchen von einander Abbruch thut, indem sie die verbreitete Flüssigkeit einsaugen. Je mehr die Luft mit Ausflüssen geschwängert ist, desto tauglicher ist sie, unsere Flüssigkeit bei sich zurückzubehalten (?)." *Bennet* (Beschreibung eines neuen Elektrometers, aus den *Philos. Transact. for the year* 1787, *Part.* I, p. 26, übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. IV. St. 2 p. 419) bemerkt, die Luft eines Zimmers, neben dem eine Elektrisirmaschine in Wirkung gesetzt sei, sei bei seinen Versuchen sehr sichtbar elektrisirt worden, wie man beobachtet habe, als sein Elektrometer mit dem Lichte durch dasselbe getragen sei. (a. zuletzt a. O. p. 424.)

Als Herr *van Marum* die Luft des Zimmers in welchem man fünf Minuten die groſse Teylersche Elektrisirmaschine in Bewegung gesetzt hatte, durch das mit einer Flamme einer kleinen Wachskerze armirte Saussürsche Elektrometer untersuchte, fand er bei ziemlich trockener Luft, die ganze Atmosphäre im Saale elektrisirt. Obgleich der Saal sehr groſs war, (die Länge betrug 60, die Breite 30 und die Höhe 40 Fuſs,) so war doch die Luft auf einen so hohen Grad elektrisirt, daſs die kleinen Kugeln des Elektrometers in dem entferntesten Theile des Saales, man mogte sie nahe an die Decke, oder an dem Fuſsboden bringen, sich über einen halben Zoll von einander entfernten. Der Leiter wurde während dieser Operation positiv elektrisirt, und die Luft erhielt im Saale auch die nem-

liche Elektricität. Die negative Elektricität der Maschine, die er auf eben die Art an einem andern Tage versuchte, theilte sich der Luft im Saale viel langsamer mit.

Donndorff sagt (Lehre von der Elektricität u. s. w., B. II. p. 924), der Versuch die Luft in einem Zimmer zu elektrisiren, könne auf mehr als eine Art angestellt werden: 1) Man befestige zwei oder drei Nadeln auf dem ersten Leiter einer Elektrisirmaschine und elektrisire denselben eine Viertelstunde. Hierauf bringe man ein Elektrometer in die um der Maschine herum befindliche Luft, so wird dasselbe deutlich zeigen, dafs diese Luft eine beträchtliche Menge von Elektricität erhalten habe, die sie auch noch behalten werde, wenn man gleich die Maschine in ein anderes Zimmer bringe. Um die Luft negativ zu elektrisiren, setze man die spitzen Nadeln auf das isolirte Küssen, und verbinde den ersten Leiter durch einen Drath oder Kette mit dem Tische oder Fufsboden. Mit dem *Lichtenbergischen* Luftelektrophor lasse sich die Luft verschiedentlich elektrisiren, nachdem man die Nadeln auf dem obern oder untern Konduktor festmachte. 2) Man lade eine grofse Flasche; isolire dieselbe, und befestige dann einen oder mehrere zugespitzte Dräthe auf dem Knopfe derselben, und verbinde die äufsere Belegung mit dem Fufsboden. Sei die Flasche positiv geladen, so werde die Luft des Zimmers ebenfalls stark positiv elektrisirt werden; sei sie aber negativ geladen, so werde auch die Luft negativ elektrisirt werden. Wenn man eine geladene Flasche in der einen Hand halte, und mit der andern die Flamme eines isolirten Lichts an den Knopf der Flasche bringe, so werde der Erfolg der nemliche sein. 3) *Ingenhoufs* erfand einen Versuch die eine Hälfte des Zimmers positiv, und die andere Hälfte zu gleicher Zeit negativ elektrisch zu machen. Er hängte in dem Zimmer neun bis zehn Paar Hollunderkügelchen auf, in einer geraden Linie von dem Leiter bis an das entgegengesetzte Ende des Zimmers geordnet; dann zündete er ein, auf dem Leiter liegendes Stück Kampfer an, während dafs die Maschine gedrehet wurde. Bei dem positiv elektrisirten Leiter wichen die Kügelchen allmählig von einander ab, und blieben so, nachdem man die Flamme ausgelöscht hatte, und aufhörte, die Maschine zu drehen. Das Zimmer war also ganz mit Elektricität angefüllt. Nun legte er das Stück Kampfer auf einen negativ elektrisirten Leiter. Gleich sahe man bei der Entzündung des Kampfers auf dem Leiter die beiden Kügelchen, die dem Leiter am nächsten waren, sich vereinen und bald darauf wieder aufs Neue von einander abweichen, welches allmählig mit den andern geschahe. Dies wartete er ab, bis sich die, in die Mitte des Zimmers gestellten zwei Kügelchen näherten, und wieder abwichen. Nun liefs er die Maschine still halten und die Flamme auslöschen; untersuchte mit einem geriebenen Siegellack die Kügelchen und fand alle jene, die auf der Seite des einen Leiters standen,

auf

auf eine denen auf der Seite des andern Leiters entgegengesetzte Art elektrisirt. *Thomson* führt (System der Chemie, Wolffs Uebersetzung, B. III, Abth. 2, p. 143) an, die Luft gehöre zu denen Substanzen welche elektrische genannt sind, weil sie sowohl positiv als negativ elektrisch gemacht werden könne. Sie enthalte nicht allein den Antheil Elektricität, der einen wesentlichen Bestandtheil aller Erdkörper ausmache, sondern sie könne auch dadurch, daſs ihr durch leitende Körper Elektricität zugeführt oder entzogen werde, positiv oder negativ geladen werden. — *Halle* (fortges. Magie. p. 523) sagt, die Luft werde, sie sei so rein und frisch als sie wolle, doch in einer verschlossenen Stube durch negative Elektrisirungen vorzüglich elektrisch gemacht, und mehr als durch positive. Die Erfahrung, daſs die atmosphärische Luft idioelektrisch sei, leitete die Herren *Wilke* und *Aepinus* auf Versuche, zu erforschen, ob die Luft nicht gleich dem Glase zu dem Leydenschen Experimente zu laden sei. *Priestley* führt hierüber (Geschichte der El. Krünitz's Uebersetz. 2te Aufl. p. 162,) Folgendes an: „Sie machten verschiedene Proben, die elektrische Erschütterung vermittelst Luft hervorzubringen, und es gelang ihnen endlich da sie groſse hölzerne Bretter, welche mit Blech überzogen waren, mit den flachen Seiten in gleicher Weite (einander gegenüber parallel) und zwar einige Zoll von einander (das eine isolirt, das andere in Communikation mit dem Fuſsboden) aufhängten. Denn sie fanden, daſs, wenn das eine Brett positiv elektrisirt worden, das andere alle Mal negativ elektrisch war. Die Entdeckung aber ward dadurch vollständig gemacht, und auſser Streit gesetzt, daſs Jemand die eine Tafel mit der einen Hand anrührte, und seine andere Hand an die andere Tafel brachte, da er denn einen erschütternden Schlag durch seinen ganzen Körper empfand, welcher dem bei dem Leydenschen Experimente entstehenden völlig gleich war. Die beiden mit Blech überzogenen Bretter zogen einander stark an, und würden mit Gewalt auf einander zu geschossen sein, wenn sie nicht durch Schnüre von einander gehalten wären. Bisweilen entladete sich die Elektricität von beiden durch einen zwischen denselben hinausfahrenden Funken, als wenn eine Glasscheibe von allzu starker Ladung zerknikte. Ein dazwischen gehaltener Finger beförderte die Entladung, und fühlte den erschütternden Schlag. Ward an einer der Tafeln eine Erhabenheit gemacht, so geschah alle Mal die Selbstentladung da hindurch, und wenn ein spitzer Körper auf eine derselben gesteckt ward, so wurde dadurch die Ladung ganz und gar verhindert." Als *Aepinus* eine groſse Lufttafel elektrisirte, nahm er wahr, daſs, wenn die nähere Tafel (wodurch er wohl die Holztafel versteht, welche er zuerst berührte) positiv elektrisirt war, er durch das Entladen eine positive, wenn sie hingegen negativ elektrisch war, eine negative Elektricität bekam. (Bei Priestley a. a. O. p. 182) *Marat* führt gegen den aus diesen Versuchen geführten Beweis

an, die Erscheinung hänge, gar nicht von der Luftplatte ab, und die Bretter scheinen ganz allein elektrisirt, wovon der Umstand zeuge, dafs das Phänomen ebenfalls statt finde, wenn die Bretter gleich mit ihren Enden gegen einander gekehrt, an den Enden eines Zimmers aufgehangen, oder jedes in einem besondern Zimmer befindlich seien; wobei er indessen den Apparat genauer hätte beschreiben müssen.

Halle giebt (fortgesetzte Magie, B. IV. p. 397) folgendes Detail über die Luftscheibenladung an. Man nehme zwei völlig ebene und glatte Bretter, welche cirkelrund als Scheiben zugeschnitten sind, und etwa drei bis vier Fufs im Durchmesser haben; belege die eine Seite an beiden mit Stanniol, welches sehr glatt angestrichen, polirt und über den Bretterrand übergeschlagen sein mufs. Diese Scheiben isolire man in horizontalen und mit einander parallelen Lagen, so, dafs sie ihre belegten Seiten gegen einander kehren, und dafs man sie leicht einander näher bringen oder von einander entfernen kann. Für diese Absicht ist es sehr bequem, das eine an ein starkes Stativ von Glas oder gedörrtem Holze zu befestigen, das andere aber mit Seidenschnüren an der Decke des Zimmers aufzuhängen, damit man es vermittelst einer Rolle herablassen oder aufziehn könne, um dieses Brett von dem auf dem Tische stehenden Unterbrette zu entfernen. Wenn sich diese Holzscheiben in der eben gedachten Lage befinden, und einen Zoll weit von einander entfernt sind, so kann man sie vollkommen so, wie die beiden Belegungen einer Glastafel gebrauchen. Wird das eine Brett mit dem elektrischen Leiter verbunden, das andere aber isolirt gelassen, so wird man keine Ladung erhalten, so wenig als man eine isolirte Flasche laden kann und wenn man einige Zeit nachher die Bretter berührt, so wird man blos einen Funken aus dem obern Brette erhalten, weil dasselbe mit dem Hauptleiter der elektrischen Maschine verbunden ist. Wenn man aber, indem das eine Brett Elektricität erhält, das andere mit der Erde verbindet, so wird die Luftsäule zwischen beiden wie eine belegte Glasplatte geladen. Das mit der Erde verbundene Brett wird die entgegengesetzte Elektricität von der Elektricität des andern erhalten, und wenn man beide berührt, d. i. eine Verbindung zwischen ihnen macht, so wird sich die Luftscheibe gleich einer belegten Flasche mit einem Schlage entladen. Man darf aber von diesem Versuche keinen so starken Schlag, oder nicht so viel Gewalt erwarten, als von einer gleich grofsen Oberfläche einer Glastafel, denn hier kann man die Belegung nicht so nahe an einander bringen, dafs sie dadurch einer starken Ladung fähig würden, weil die Luftscheibe zu wenig dicht ist, als dafs sie durch eine starke Ladung nicht bald zerbrochen, oder entladen werden sollte.

Ausdehnung der Luft durch Elektricität. — *Adams* (*Essay on Electricity, second Edit. London* 1785, p. 384; Grens neues Journal der

Physik, B III, p. 4) bemerkte zuerst, das das Luftthermometer, das den elektrischen Einflüssen ausgesetzt wurde, stieg. Er hielt die Kugel eines Thermometers in Ströme des elektrischen Fluidums, die von verschiedenen hölzernen Kugeln aus in andere Kugeln giengen, und sah das Thermometer von 68 zu 100, 105 und 110° steigen. 1) — *Kienersley* machte über diesen Gegenstand mit seinem sogenannten elektrischen Luftthermometer, welches Taf. XX, Fig. 2 vorstellt, Versuche. Der Haupttheil dieses Thermometers besteht aus einer Glasröhre A B, welche etwa 10 Zoll lang ist, beinahe zwei Zoll im Durchmesser hat, und an beiden Enden mit messingenen Kappen luftdicht verschlossen ist. Durch eine Oeffnung in der obern Kappe geht eine kleine an beiden Enden offene Röhre H A bis in das Wasser auf den Boden der grofsen Röhre herab. Mitten durch jede von den messingenen Kappe geht ein Drath F G, E I, der innerhalb der Röhre einen messingenen Knopf hat. Diese Dräthe lassen sich weiter hineinstofsen oder hinausziehen, damit man sie in jede beliebige Entfernung von einander stellen könne. Das ganze Instrument ist durch einen messingenen Ring C an die Säule der hölzernen Stativs C D befestigt. Wenn die Luft in der Röhre A B ausgedehnt wird, so drückt sie auf das auf dem Boden derselben befindliche Wasser, welches also in der kleinen Röhre aufsteigen mufs; und nachdem dieses Wasser höher oder weniger aufsteigt, nachdem zeigt es eine gröfsere oder geringere Verdünnung der Luft innerhalb der Röhre a b an, welche in keiner Verbindung mit der äufsern Luft steht. Wenn man dieses Instrument gebrauchen will, und alles Wasser auf dem Boden der gröfsern Röhre steht, so, dafs sich nichts davon in der kleinern Röhre zeigt, so mufs man mit dem Munde etwas Luft durch die kleine Röhre blasen, damit das Wasser in ihr ein wenig höher steige, etwa bis an einen Ort, den man, um sich danach zu richten, deutlich bezeichnen kann. Nun bringe man die Knöpfe G F der Dräthe I, E, F G in Berührung mit einander, verbinde alsdann den Ring E oder F mit der einen Seite einer geladenen Flasche den andern Ring aber mit der andern Seite, so wird der Schlag durch die Dräthe F G, I E, d. i. zwischen den Knöpfen G, I, hindurch gehen. In diesem Falle wird sich das Wasser in der kleinen Röhre gar nicht von dem Zeichen hinweg begeben, woraus man sieht, dafs der Uebergang der elektrischen Flüssigkeit durch Leiter die Luft gar nicht ausdehnt oder aus der Stelle treibt. Nun aber

1) Er schlofs hieraus, dafs in dem elektrischen Fluidum Wärme enthalten sei. Das Experiment aber läfst es unentschieden, ob, 1) die Elektricität aus sich Wärme abgebe, oder 2) ob die Elektricität es mit der Wärme gemein habe, die Körper auszudehnen, oder 3) ob die Elektricität den Zustand der Luft verändere, und aus ihr die Wärme entwickele. v. S.

entferne man die Knöpfe G, F ein wenig von einander, und lasse, wie vorher, einen Schlag durch dieselben gehen. Jetzt wird man sehen, dafs die Funken zwischen beiden Knöpfen die Luft beträchtlich ausdehnen; denn das Wasser in der kleinen Röhre wird plötzlich bis beinahe an die Spitze derselben aufsteigen, sogleich aber auch wieder ein wenig herab fallen, z. B. bis H, welches eine Folge des plötzlichen Weichens und Wiederzurückkehren der Luft in die Gegend des Funkens ist. Nach diesem ersten geschwinden Falle, der unmittelbar auf das plötzliche Steigen folgt, wird das Wasser langsam weiter fallen, und nur nach und nach bis an das Merkmal zurück kommen, an welchem es vor dem Versuche stand. 1) Wird dieser Versuch in einem Zimmer angestellt, dessen Wärme veränderlich ist, so mufs hierauf besondere Rücksicht genommen werden; denn das elektrische Luftthermometer zeigt eben sowohl die Ausdehnung und Zusammenziehung durch Wärme und Kälte der Luft überhaupt, als die insbesondere an, welche der elektrische Funken hervorbringt. (Cavallo's Abhandl. v. der Elektricität, Leipzig 1783, p. 187; Fischer's phys. Wörterb. B. III, p. 417; Donndorf's Lehre von der Elektricität, B I, p. 76, B. II, p. 944 ff.) Herr *Franz Carl Achard* machte folgenden Versuch: Eine vollkommen verschlossene Leidner Flasche, durch deren Deckel eine krum gebogene mit der vertikalen Seite der Flasche parallele Röhre gieng, welche in ein mit Wasser angefülltes Gläschen tauchte, wurde wechselsweise positiv und negativ geladen. Hätte die Luft, die sie enthielt, sich ausgedehnt, so würde das Wasser in der Röhre gefallen sein; hätte sie hingegen von ihrer Elasticität verloren, so hätte das Wasser ansteigen müssen. Es blieb aber unverändert in derselben Höhe. (Achard's Samml. phys. u. chem. Abhandl. B. I. Berlin 1748, p. 295; Halle's Magie, B. IV, p. 39.) *Donndorff* führt Folgendes, als „Beweifs, dafs die elektrische Materie die Luft in der Flasche nicht aus der Stelle treibe", an. Man bohre ein Loch durch den Kork, womit eine gewöhnliche Flasche verstopft ist, und stecke durch dasselbe eine kleine, an beiden Enden offene Glasröhre, die etwa ein Drittel Zoll im Durchmesser hält. Man beuge alsdann den Theil der Röhre, der über der Flasche hervorsteht, in eine horizontale Lage, und befestige den Kork mit Baumwachs so, dafs keine Luft in die Flasche oder aus derselben kommen kann, ausser durch die Glasröhre; endlich bringe man in den horizontalen Theil der Röhre einen Tropfen rothen Wein oder Dinte, so, dafs er durch die geringste Verdünnung oder Verdichtung der Luft in der Flasche sogleich bewegt werden mufs, und nun lade man die

1) *Kinnersley* schlofs hieraus dasselbe, was *Adams* aus seinem Versuche folgerte; es ist demnach auf seine Meinung dasselbe anwendbar, was ich über diese Versuche sagte. v. S.

Flasche auf die gewöhnliche Art; so wird der Tropfen in der Glasröhre beim Laden nicht von seiner Stelle gerückt, welches ein Beweifs ist, dafs die in die Flasche übergegangene elektrische Materie nicht das Geringste von der darin enthaltenen Luft aus der Stelle getrieben hat. Wenn man die Flasche ausladet, verhält es sich zuweilen anders, denn alsdann wird oft der Tropfen ein wenig aus einer Stelle geschoben, kommt aber sogleich wieder in dieselbe zurück. Hieraus erhellt, dafs beim Ausladen die Luft in der Flasche ein wenig aus ihrer Stelle getrieben oder verdünnt werde. Dies ist aber blos einigen Funken zuzuschreiben, die gemeiniglich in der Höhlung der Flasche entstehen, weil der Drath nicht in vollkommener Berührung mit der Belegung steht. Denn wenn man den Versuch mit einer kleinen Flasche anstellt, welche nicht durch einen Draht, der von aussen hineingeht, sondern durch ein Stück Stanniol geladen wird, das mit der innern Belegung ein Stück ausmacht, und mit Wachs an die innere Seite des Glases befestigt wird, dafs also keine Funken inwendig in der Flasche entstehen können, so wird das Tröpfchen in der Glasröhre niemals, weder beim Laden noch beim Ausladen seine Stelle verändern. — *Marat* sagt: „Ausser dem Widerstande, welchen die Luft gegen die Verfliegung der elektrischen Kügelchen äufsert, wirkt sie auf dieselbe auch als eine anstofsende Kraft, die sie in Bewegung setzt, oder vielmehr von ihrer Richtung ablenkt, aber sie scheint ihnen nur in so fern etwas anhaben zu können, als sie selbst stark in Bewegung gesetzt ist. Bläst man die Luft durch einen grofsen Blasebalg mit einer gläsernen Röhre auf den elektrischen Strom, welchen ein einige Zoll über dem Leiter aufgehangenes glühendes Kügelchen anzieht, so wird man diesen Strom, der Schnelligkeit seiner Bewegung ungeachtet, von seiner Richtung abgebracht werden sehen. Der Versuch mufs im verdunkelten Zimmer angestellt werden. Wenn man den Blasebalg abwechselnd auf diesen Strom und den Dunstkreis des Kügelchens gehen läfst, so sieht man den äufsern grofsen Unterschied der Wirkung der Luft auf diese beiden Flüssigkeiten. An dem ununterbrochenen Fortgange des Stroms der einen, erkennt man, dafs ihre Kügelchen stark angezogen werden, und an der Ausspannung des Stroms der andern, dafs ihre Kügelchen frei von Anziehung sind. Um den Luftstrom durch ihren auf die Wand geworfenen Schatten gewahr zu werden, mufs man genau den rechten Punkt treffen." — *Van Marum* machte folgenden Versuch: Er nahm einen gläsernen Ballon von ohngefähr 9 Zoll im Durchmesser, und liefs ihn mit einem Stöpsel recht dicht verschliessen. Durch diesen gieng ein kupferner Drath, dessen zugespitztes Ende sich in der Mitte des Ballons befand, und der folglich die ihm mitgetheilte Elektricität in die Luft, welche in dem Ballon enthalten war, verbreitete. Um zu beobachten, ob sich die eingeschlossene Luft beim Elektrisiren ausdehne, diente eine gekrümmte an beiden Seiten offene eine halbe Linie

weite Röhre, in der sich Quecksilber befand, welches, wenn die Luft im Ballon die geringste Ausdehnung erlitt, steigen mufste, und in der That, wenn er den Ballon nur mit der Hand erwärmte, in der Röhre stieg. Nachdem er sich auf diese Art von der Empfindlichkeit des Apparats überzeugt hatte, brachte er den Drath erst mit dem positiven und nachher mit dem negativen Leiter in Verbindung. Aber beide Mal konnte er nicht das geringste Steigen des Quecksilbers in der Röhre bemerken, welches beweifst, dafs die elektrisirte Luft nicht die geringste Ausdehnung erlitt. — Prof. *Voigt* machte folgendes Experiment: Er hängte ein sehr empfindliches Bernoullisches Luftthermometer an einem Stativ dicht neben einen elektrisirten Leiter, es stieg nicht im mindesten, die Elektricität mogte positiv oder negativ sein; er brachte es zwischen die beiden Conductoren, von welchen der eine die positive, der andere die negative Elektricität hatte, so, dafs die Luftkapsel von beiden Conductoren berührt wurde; auch da zeigte sich nicht die geringste „Wärme" (Ausdehnung), und eben so wenig Licht, als vorhin. Er rükte die beiden Knöpfe etwas von der wohlgereinigten gläsernen Kapsel des Thermometers ab; nun entstanden schwache Funken, die am Glase hin von einem Conductor zum andern giengen, aber das Thermometer stieg noch immer nicht. Sobald er aber die Stelle des rein abgewischten Glases mit Goldblättchen belegte, und übrigens alles liefs, wie vorher, so blieben nicht allein die knisternden und leuchtenden Funken, sondern das Thermometer gieng auch sogleich beträchtlich in die Höhe. Wie er inne hielt mit Elektrisiren, fiel es gleich wieder, und eben dasselbe geschah auch, wenn er bei fortgesetztem Elektrisiren das Goldblättchen wieder wegnahm. Er will diesen Versuch ein Mal eine halbe Stunde lang in seinem Auditorium mit seinen Abwechselungen fortgesetzt, und seine sämtlichen Zuhörer dabei zu Zeugen gehabt haben, dafs nicht das mindeste Zweideutige dabei mitunter lief. 1) *Dizé* machte Versuche mit dem Taf. XX, Fig. 3 vorgestellten Apparate. Die Glasröhren M und N wurden so weit mit Wasser gefüllt, dafs es in der letztern bis zur halben Höhe stand, darauf alle Luft in der Glaskugel A genau bis auf 10° nach einem empfindlichen Thermometer erwärmt, und dann sogleich der Kork B mit fettem Kitte darin luftdicht befestigt. Dies gab ein so empfindliches Luftthermometer, dafs ein Licht schon in beträchtlicher Entfernung das Wasser in der nach Hundertel und Tausendtel Graden eingetheilten Röhre M um einige Tausend Theilchen in die Höhe trieb. Der Funken aus dem Conductor einer Elektrisirmaschine wurde mittelst eines Direktors, dem in einer Glasröhre durch den Kork gehenden Drahte k mitgetheilt, und sprang von diesem auf den Drath i über, den eine Kette mit der Erde in Verbindung setzte.

1) *Vergl. die Note zu Ende der folgenden Unterabtheilung.*

Die Temperatur des Zimmers war 0,20; durch eine schnelle Folge überschlagender Funken wurde das Wasser in der Röhre M bis auf 0,24° getrieben, und sank dann sehr langsam wieder zurück. Mehrmals wiederholt gab der Versuch immer dasselbe Resultat. Die Ladung einer Leidner Flasche mit ohngefähr gleich viel Funken trieb das Wasser schnell bis 0,26, oder bis 0,27° hinauf, welches in diesem Falle eben so schnell wieder zurücksank. 1) (Gilbert's Annalen der Physik, B. IV, St. 4, p. 415 f.) *Marat* (a. a. O. p. 566) und *Lampadius* (Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie, p. 151) sagen: wenn ein elektrischer Funke aus der Batterie durch die Luft schlage, so errege er ein dem Peitschenknall ähnliches Geräusch. 2)

Wird bei Elektricitätsäufserungen in atmosphärischer Luft Wärme erzeugt? 3) — *Gardini* (Abhandl. von der Natur des elektrischen Feuers, aus dem Lat. v. Geifsler, p. 62) führt an, er habe öfters vermittelst des elektrischen Strahlenbüschels, oder durch wiederholte Funken auf eine Thermometerkugel, das Quecksilber bis zu einem und mehrere Grade steigen gesehen. — *Van Marum* behauptet (Gren's neues Journal der Physik, B. III, p. 2), wenn man die Kugel eines sehr empfindlichen Thermometers von dem Leiter einer Maschine berühren lasse, so werde man nie das Quecksilber des Thermometers steigen sehen, wenn auch die Maschine noch so stark wirke. Diesen Versuch stellte v. Marum (a. a. O. p. 2 ff.), da er bis dahin noch nie mit einer so starken Kraft, als die der grofsen Taylerischen Maschine, angestellt war, so an, dafs, wenn das elektrische Fluidum irgend bemerkbare Wärme in den Leitern, die dasselbe empfangen oder leiten, hervorbringen könnte, man davon unbezweifelbare Anzeigen bei den Versuchen finden würde. Er liefs zu dem Ende einen Cylinder von Kupfer machen, der 5 Zoll dick, und 11 Zoll lang war, und dessen beide Enden convex waren, und damit dieser Cylinder,

1) *Dizé* glaubte hiedurch bewiesen, dafs im elektrischen Lichte freie Wärme sei; dafs dieses aber aus Versuchen mit dem Luftthermometer nicht folgt, ist schon oben gesagt. v. S.

2) Hierauf gründet man seit *Franklin* fast allgemein eine Erklärung des Donners, und gab das Nachhallen desselben nur für Wirkung des Echo an. Mehreres hierüber sehe man in dem weiter unten folgenden Unterabschnitt: Gewitter.

3) *Bei diesem Abschnitte, der, so wie überhaupt die untersten Abtheilungen, nur zur leichtern Uebersicht gemacht ist, ohne scharfe Grenzen zu haben, bitte ich zu berücksichtigen, 1) dafs wir gar nicht behaupten wollen, dafs durch die in demselben angeführten Versuche die Frage entschieden wird, 2) dafs hier nur die Versuche gesucht werden dürfen, die mit Elektricität und Luft von gewöhnlicher Beschaffenheit angestellt sind. Die Phänomene in verdichteter, verdünnter, verschieden gemischter Luft werden noch unter besonderer Aufschrift abgehandelt.*

dessen Dimensionen er nicht wohl kleiner nehmen konnte, ohne seine Capacität für Elektricität zu sehr zu vermindern, nicht durch seine Masse zu viel Wärme erfodern möchte, um merklich erwärmt zu werden, so liefs er ihn von so dünnem Kupfer machen, als es möglich war, so, dafs er nicht über 1 ⅟₈ Pfund wog. Er hing diesen horizontal an einer seidenen Schnur auf, und stellte die Kugel eines Thermometers auf denselben, zu welchem Behufe er ein hohles Stück Kupfer hatte, worin die Kugel des Thermometers pafste. Das Thermometer, welches er dazu anwandte, war höchst empfindlich, indem der Durchmesser seiner Kugel nicht 2 Linien überstieg, und es dennoch Zehntel eines Grades angab. Nachdem er auf die vorher angezeigte Art diesen Leiter in einer Entfernung eines halben Zolls von dem Conductor der Maschine isolirt hatte, so theilte er ihm die ganze Kraft der grofsen Maschine 10 Minuten lang mit. Da der Conductor der Maschine positiv elektrisirt wurde, so wurde der kleine Leiter durchaus stets mit Elektricität, die die Maschine hergab, überladen; aber er beobachtete nicht das geringste Steigen des Thermometers. Wenn auch der Conductor negativ elektrisirt wurde, so konnte er ebenfalls nicht die geringste Veränderung am Thermometer wahrnehmen. Er liefs hernach die ganze Kraft der Maschine durch diesen kleinen Conductor gehen, indem er auf die angezeigte Weise vom Conductor der Maschine abgestellt, aber zugleich Sorge getragen wurde, dafs das elektrische Fluidum, welches durch ihn gieng, mehr gehemmt wurde, indem man in dieser Absicht eine Verbindung desselben, mit dem Boden durch einen nassen Faden machte, der ein schlechter Leiter war. Ohngeachtet dieser Hemmung des Stroms des elektrischen Fluidums, konnte er doch nicht das geringste Steigen des Thermometers wahrnehmen. Da die Holzkohle ein sehr guter Leiter ist, so liefs er auch davon einen Körper von derselben Form und denselben Dimensionen machen, und wiederholte damit die nemlichen Versuche; aber er beobachtete weder in dem einen noch in dem andern Falle eine Veränderung im Thermometerstande. Herr *Volta* bat ferner den Herrn *van Marum* zu untersuchen, bis auf welchen Grad das Quecksilber im Thermometer, wenn es in den Strom des elektrischen Fluidums gehalten würde, bei der beträchtlichen Stärke der Teylerschen Maschine zu bringen sei. Dieser wiederholte deshalb den Adams'schen Versuch, und fand, dafs die empfindlichsten Thermometer, in den elektrischen Strömen zwischen ähnlichen Kugeln, als die waren, deren sich Herr *Adams* bediente, nicht über 100 Grad stiegen. 1) Er setzte endlich eines dieser Thermometer, dessen Kugel zwei Linien betrug, den Strömen des Conductors aus, so, dafs diese

1) Es bleibt hier einige Dunkelheit über die angewandten Thermometer.

diese Strahlen auf die Oberfläche der Kugel kämen. Es glückte ihm, ohne das Thermometer zu zerbrechen, und er sah das Quecksilber von 60 bis 102° steigen. 1)

Einfluſs der verschiedenen Dichte der Luft auf die elektrischen Phänomene in derselben. — a) Verhalten der Elektricität in verdünnter Luft. — *R. Boyle* fand zuerst, daſs die Elektricität auch in einem durch die Luftpumpe gemachten luftleeren Raume 2) wirke, und ein elektrischer Körper in demselben andere leichte Körper an sich ziehe. Er hängte ein Stück durch Reiben elektrisch gemachten Bernstein über einen leichten Körper in einer gläsernen Glocke auf, und nahm wahr, daſs, als die Luft ausgepumpt war, und der Bernstein nach dem leichten Körper zu niedergelassen wurde, dieser eben so gut, als wenn er an der freien Luft gelegen hätte, angezogen wurde. (*Boyle Philosophical Worcks by Peter Shaw*, *T. I*, *p.* 506; *in edit. Genev.* 1694: *Tr. Experiment. nec non observ. circa variar. particular. qualitat. originem; cap. de mechanic. Electricit. productione*, *p.* 134 *sq.*; Graaths Geschichte der Elektricität in den Vers. und Abhandl. der naturforsch. Gesellschaft zu Danzig, Th. I, p. 184; Krünitz's Uebers. von Priestley's Geschichte der Elektricität, p. 5, und Andere.) *Beccaria* hingegen behauptete, daſs in einem völlig luftleeren Raume 4) durchaus kein elektrisches

1) Auch Herr *van Marum* glaubt, daſs das elektrische Fluidum aus sich die Wärme hergebe. Mir ist es höchst wahrscheinlich, daſs nur dann Wärme durch die Elektricität hervorgebracht wird, wenn diese in einer Sauerstoff haltenden Luftart auf Körper, die Affinität zum Sauerstoff haben, wirkt. Durch Elektricität wird (so wie dieses auch wohl bei andern Erschütterungen der Fall ist) die Verwandtschaftsäuſserung gefördert; und der Sauerstoff läſst nun die ihn vorher zu Gas machende Wärme fahren. Diese Erklärung stimmt sehr gut mit der Oxydation durch Elektricität, und besonders mit dem oben angeführten Voigt'schen Versuch zusammen. Hier brachten die Funken am Luftthermometer kein Steigen zu Wege, weil das Glas, auf das man sie leitete, keine Verwandtschaft zum Sauerstoff hatte; so bald aber das Thermometer mit dem oxydirbaren Golde armirt wurde, bemerkte man sogleich Ausdehnung. Auf schon gemachte Einwürfe gegen ähnliche Erklärungsarten werde ich gelegentlich antworten. v. S.

2) Wo unter diesem Artikel vom leeren Raume die Rede ist, ist immer nur das Luftpumpenvacuum, folglich nur verdünnte Luft zu verstehen. Man vergleiche mit diesem Abschnitte, B. I, p. 55 f. Sollte man bemerken, daſs dort Manches, was eigentlich hieher gehört, stehe, so diene mir zur Entschuldigung, daſs die Entdeckung des Verhaltens der Elektricität in der völlig luftleeren Torricellischen Röhre durch das Verhalten der Elektricität im Luftpumpenvacuum erst veranlaſst wurde, und daſs die Streitigkeiten über das Verhalten der Elektricität in beiden Medien so geführt wurden, daſs ich das Luftpumpenvacuum bei Elektricität im luftleeren Raume nicht ganz ausschliessen konnte, wenn der Leser die gehörige Bequemlichkeit bei der Uebersicht behalten sollte. v. S. Ph.

4) *Im strengsten Sinne luftleer konnte sein Vacuum nicht sein, denn erst im Jahre* 1740 *lernte man ein solches durch Auskochen des Quecksilbers in der Torricellischen Röhre zu Stande zu bringen. Vergl. B. II, p.* 239.

Anziehen Statt finde. Als *Hawksbee* (*Philosoph. Transact. No.* 308, *p.* 2327; *No.* 309, *p.* 2372; *Physico-Mechanical Experiments on various subjects etc. edition* 2, *Lond.* 1719, *p.* 42, 242, 248; Graliths Geschichte der Elektricität in d. Danziger Abhandl. T. I, p. 185; Priestley's Geschichte der Elektricität, aus dem Engl. v. Krünitz, p. 13) aus einer Glasröhre, welche ohngefähr 30 Zoll lang, und ein oder anderthalb Zoll weit war, die Luft herauszog, so äufserte sie nach dem Reiben wenige oder gar keine elektrische Wirkungen; sie erhielt keine anziehende Kraft, und aussen war kein Licht wahrzunehmen. Doch war, als er das Reiben im Dunkeln vornahm, das Licht, welches sich immer unter diesen Umständen zu zeigen pflegt, inwendig sehr stark, es brach aber alsdann nicht hervor, um sich an die der Röhre nahen Körper anzuhängen, wie dieses der Fall ist, wenn die Röhre lufterfüllt ist. Nachher bediente er sich zu diesen Versuchen einer hohlen gläsernen Kugel, welche er in einer dazu verfertigten Maschine angebracht hatte, dafs man sie vermittelst eines Rades schnell um ihre Axe bewegen konnte. Die Luftphänomene waren dieselben, als bei der Röhre. Als er im luftleeren Raume eine hohle gläserne Kugel rieb, zeigte sich ein purpurrothes Licht, wenn aber nach und nach Luft zugelassen wurde, verlor sich die purpurrothe Farbe des Lichts, und es kam ein weifses Licht zum Vorschein. Als er den Versuch mit eben der Kugel wiederholte, zeigte sich das purpurrothe Licht gar nicht; als er aber eine andere Kugel dazu nahm, zeigte sich dasselbe wieder; jedoch nur beim ersten Versuch, denn bei der Wiederholung war das Licht jedes Mal weifs. Eine auf Wolle stark geriebene Kugel von Bernstein oder Lackgummi gab im luftleeren Raume ein viel lebhafteres und stärkeres Licht, als in freier Luft; Schwefel hingegen gab im luftleeren Raume gar kein Licht, da er doch wenig gab, wenn er in freier Luft gerieben wurde. Er brachte zwei gläserne cylindrische Glocken so übereinander, dafs sie vermittelst zweier verschiedener Räder entweder zugleich, oder eine jede besonders, sowohl nach einer, als auch nach entgegengesetzten Richtungen konnten herumgedreht werden; jede Glocke war mit einem besondern Hahn versehen, damit nach Gefallen die Luft herausgezogen werden konnte. Wenn er die Hand an die äusserste Glocke hielt, indem sie herum gedreht wurde, so legte sich das Licht an die äusserste Fläche der innern Glocke an, welches alle Mal stärker und heller war, wenn beide Glocken zugleich, entweder nach einerlei oder nach entgegengesetzten Richtungen herumgedrehet wurden. Gleichen Erfolg hatte der Versuch, wenn auch die innere Glocke luftleer war. Er überzog auch eine gläserne Kugel von 6 Zoll im Durchschnitt inwendig mit Siegellack, indessen so, dafs an beiden Polen ein Raum von drei bis vier Zoll unbedeckt blieb; wenn er aus dieser Kugel die Luft herauszog, und sie vermittelst des

Rades in der oben angezeigten Maschine bewegte, so konnte man die Gestalt der Hand, an der sich die Kugel rieb, an der innern Oberfläche des Siegellacks ganz genau wahrnehmen, und zwar so deutlich, dafs es schien, als ob nur das blofse Glas ohne einen Zeberzug dazwischen wäre. Sah man gerade auf die Kugel, so konnte man die Abbildung der Hand nicht wahrnehmen, sondern man mufste an den nicht mit Siegellack bedeckten Polen in die Kugel hineinsehen. Sobald aber ein wenig Luft hineingelassen wurde, so verlor sich das Licht an Orten, die mit Siegellack überzogen waren, und war nun nur an den Orten, wo das Glas unbedeckt war, zu sehen. 1) Als er eine luftleere Kugel mitten innerhalb den Ausflüssen einer durch das Reiben elektrisch gemachten hielt, ward er in jener ein Licht gewahr, welches sich gleich wieder verlor, wenn sie in Ruhe blieb, hingegen wieder zum Vorschein kam, und sehr stark fortwährte, sobald die luftleere Kugel in Bewegung gebracht und erhalten wurde. Als er eine luftleere Röhre in die Ausflüsse einer durch Reiben elektrisch gemachten Kugel brachte, liefs sich ein, wie er sich ausdrückte, unterbrochen-strahlendes Licht bemerken. Durch Reiben im luftleeren Raume konnte er nie Anziehen hervor bringen, aber obgleich die anziehende Eigenschaft die Gegenwart der äufsern sowohl, als auch innern Luft, um sich zu zeigen, erforderte, so war doch zur Erscheinung des Lichts nur die Gegenwart der Luft in einem dieser Räume nöthig, indem sowohl eine gläserne lufterfüllte Kugel im luftleeren Raume gerieben, als eine luftleere Kugel in freier Luft gerieben ein sehr beträchtliches Licht hervorbrachte. Er sagt auch, dafs das durch Reiben eines luftleeren Glases in freier Luft hervorgebrachte Licht von der wieder hinein gelassenen Luft keine so grofse Veränderung erleide, als das durch Reiben eines luftvollen Glases im luftleeren Raume hervorgebrachte, indem im ersten Falle eben keine grofse Veränderung an dem Lichte oder der Farbe zu spüren habe, als bis man eine gewisse Quantität Luft inwendig in das luftleere Glas hinein gelassen habe; im letztern Falle hingegen bei jedem Zulassen der Luft zur auswendigen Seite des luftvollen Glases sowohl Licht als Farbe verändert werden. Das stärkste elektrische Licht brachte *Hawkesbee* dann hervor, wenn er einen luftleeren Cylinder in einen andern lufterfüllten einschlofs, den äufsersten derselben durch Reiben elektrisch machte, und alsdann sie beide in Bewegung setzte. Er bemerkte einerlei Erfolg, es mogten ihre Bewegungen mit einander übereinstimmen, oder nicht. War blos der äufsere Cylinder in Bewegung, so war das Licht sehr beträchtlich, und verbreitete sich über die

1) Er bemerkte diese Erscheinungen gleichfalls, da er verschiedene andere elektrische Körper an Statt des Siegellacks anwandte, welches im Detail bei dem Zusammenkommen dieser Körper mit Glas erörtert werden wird; hier ist es uns nur um die Beschaffenheit des Lichts im elektrisirten luftverdünnten Raume zu thun. v. S. Ph.

Oberfläche des innern Glases. Was ihm am Wunderbarsten schien, war, daſs, nachdem beide Gläser eine Zeitlang in Bewegung gewesen waren, während welcher die Hand an die Oberfläche des äuſsern Glases gelegt war, und nun die Bewegung von beiden aufgehört hatte, und gar kein Licht sich mehr zeigte, wiederum Lichtflammen wie Blitze in dem innern Glase zum Vorschein kamen, sobald er nur die Hand wieder an die Oberfläche des äuſsern Glases brachte, als ob, wie er sich ausdrückt, die Ausflüsse von dem äuſsern Glase durch die Annäherung der Hand mit mehrerer Gewalt darauf gestoſsen wären. 1) — *Stephan Gray* fand (*Philosophical Transact. No.* 423, *art. IV*; bei Gralath a. a. O. p. 194; Priestley's Geschichte der Elektricität, p. 26), daſs sich die elektrische Kraft eben so gut, oder doch fast eben so stark, im luftleeren als luftvollen Raume äuſserte. Gegen das Ende des August 1732 hängten die Herren *Gray* und *Wheeler* einen weiſsen Faden an den obersten Theil einer Glocke auf, so, daſs er bis in die Mitte derselben hinabging. Als sie darauf die Luft aus der Glocke gepumpt, und die Glocke gerieben hatten, ward der Faden mit Macht angezogen. Als derselbe wieder in Ruhe war, und senkrecht hing, zog ihn die durch Reiben elektrisch gemachte Röhre an sich; und wenn die Röhre behutsam hinweg genommen ward, bekam der Faden seine senkrechte Stellnng wieder; wurde hingegen die Röhre geschwind hinweggebracht, so sprang der Faden nach der entgegenstehenden Seite der Glocke zu. Diese letztere Wirkung erfolgte, wenn die Hand geschwind von der Glocke hinweg gezogen ward. Auch fanden sie, daſs eine durch Reiben elektrisch gemachte Röhre den Faden eine andere luftleere Glocke hindurch, welche über die, worin er sich aufgehängt befand, gesetzt wurde, anzog. Einige Zeit nachher bemerkte Herr *Wheeler*, daſs der Faden durch 5 über einander gestellte Glocken, die sämmtlich luftleer waren, angezogen wurde. Es kam ihm sogar vor, als wenn in diesem Falle das Anziehen stärker war, als wenn eine einzige Glocke gebraucht wurde. Zum Sperren des Gefäſses auf dem Teller der Luftpumpe wurde, um alle Feuchtigkeit von demselben abzuhalten, an Statt des bisher üblichen nassen Leders ein aus Wachs und Therpentin bestehender Kitt, den schon *Boyle* bei seinem Versuche angewandt hatte, gebraucht.

Hawkesbee hatte in der Weite eines Schuhes von der äuſsern Fläche einer gläsernen Kugel einen halben Zirkel von Eisen befestigt, an welchen er einige Faden Wolle, welche nicht völlig so lang waren, daſs sie die Fläche der Kugel berühren konnten, anheftete; wenn er nun die Kugel um ihre Axe

1) Durch seine Versuche im luftverdünnten Raume wurde *Hawksbee* vermogt das Leuchten der Barometerröhren der Elektricität zuzuschreiben, und er, so wie *Johann Bernoulli*, nennt dieselben Quecksilberphosphor.

schnell herumdrehte, und die Hand daran hielt, damit sie merklich gerieben wurde, so zogen sich die Faden, welche vorher ganz frei hingen, ar die Oberfläche der Kugel, und es schien, als ob sie alle nach dem Mittelpunkte der Kugel strebten; in dieser Richtung blieben sie 4 bis 5 Minuten lang, nachdem er die Hand zurück gezogen. Hatte er die Hand mitten auf die Kugel gehalten, so dafs dieselbe in Aequator gerieben wurde, so zogen sich die Faden nach dem Mittelpunkte; geschah aber das Reiben an einem oder dem andern Pole, so zogen sich die Faden nach der Axe, und zwar so, dafs die Richtung mehr nach diesem als nach dem andern Pole ging. Wenn er mit dem Finger oder einem andern Körper das Aeufserste der Fäden berührte, oder auch in der Weite von 2 oder 3 Schuhen mit dem Munde darauf blies, so wurde diese Richtung gestört, und die Faden stiefsen an den Körper ab und zu. Als er in diese Kugel eine Axe steckte, die in der Mitte mit einem Cylinder von Holz oder Kork, an dessen Oberfläche man die Faden Wolle befestigt hatte, versehen war, so ereigneten sich beim Versuche die Erscheinungen eben so in der Kugel, wie vorher aufser derselben, nur mit dem Unterschiede, dafs hier die Faden sich wie Strahlen vom Mittelpunkte ausbreiteten, und nach der innern Fläche strebten. Als Johann Heinrich Winkler (J. H. Winklers Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Elektricität, Leipzig 1744; Graliths Geschichte a. a. O. p. 302.) aus der nach Hawkesbee zugerichteten Kugel die Luft rein ausgepumpt hatte, fand er die Phänomene ganz so, als sie Hawksbee in der Luft erfüllten bemerkt hatte. *Gravesande* will (*s' Gravesande Physices Elementa mathematica*, T. II, L. III. cap. 2. §. 555.) das entgegengesetzte Resultat erhalten haben. Bei *Winklers* Versuche theilte die luftleere Kugel ihre Elektricität andern Körpern eben so stark mit, als wenn sie voll Luft gewesen wäre. Auch konnte *Winkler* im luftleeren Raume selbst die elektrischen Wirkungen, das Leuchten, und die Bewegung der Goldblättchen hervorbringen; eben so wirkte die in luftleeren Raume erregte Elektricität in die Körper ausser demselben; die Goldblättchen wurden angezegen und zurückgestofsen, und es wurde andern Körpern die Elektricität mitgetheilt, wenn nur das im luftleeren Raume elektrisirte Glas dünne und trokken war, und an dem Küssen stark gerieben wurde. *Priestley* citirt (a. a. O. p. 48.) aus den *Philos. Transact. abridged* (Vol. X. p. 275.), die teutschen Elektrisirer, (von denen er bis dahin die Herren *Bose*, *Gordon*, *Winkler*, *Waitz*, *Ludolf*, *Gralath*, angeführt hatte) haben eine Maschine etwa um das Jahr 1744. erfunden, vermittelst welcher sie einem gläsernen Cylinder im luftleeren Raume ein Reiben beibringen konnten. Sie haben auf diese Art einen Draht, dessen Ende sich in der freien Lnft befand, zu elektrisiren versucht, und dadurch eine beträchtliche elektrische Kraft zu Wege gebracht; auch das

in der freien Luft befindliche Ende sei elektrisirt, und dadurch verursacht, dafs das andere im luftleeren Raume befindliche Ende seine Elektricität äusserte. Professor *Andreas Gordon* bemerkt gegen Ende des Jahrs 1744. (*Phaenomena Electricitatis exposita ab Andrea Gordon;* im April des Jahres 1745. gab der Verfasser eine teutsche Uebersetzung davon heraus; bei *Gralath* a. a. O. B. II. p. 358.) dafs das elektrische Licht in engen luftleeren Röhren, wenn man dieselben nahe an eine elektrische blecherne Röhre bringe, beständig könne erhalten werden; selbst in der Entfernung von 3 bis 4 Schuh habe dieses Licht über 20 Sekunden in Einem fort geleuchtet. In gröfsern Cylindern, von 3 bis 4 Zoll im Durchschnitte zeige sich dieses Licht zwar häufig aber unterbrochen, und bewege sich darin hin und her, so dafs der ganze Cylinder niemals völlig erleuchtet sei. — *M. Gottfried Heinrich Grummert* (Hamburgische Berichte von gelehrten Sachen, 1745, No. XCVII. p. 769 fq. *Gralath* a. a. O. B. II. p. 416; *Priestley* a. a. O. p. 49.) hielt eine luftleere etwa 1/3 Zoll weite und 8 Zoll lange gläserne luftleere Röhre, in der Weite einiger Zolle von der an ihrer Maschine herumgedrehten und geriebenen elektrischen Kugel. Die Röhre leuchtete so lang und breit sie war, so hell, dafs Jedermann es wahrnehmen konnte. Bei diesem Versuche schienen ihm folgende Umstände merkwürdig: 1) die ganze gläserne Röhre wurde leuchtend; 2) die gläserne Röhre wurde, indem sie leuchtete nicht gerieben, sondern in der Hand still gehalten; 3) das Licht war hell ununterbrochen fortleuchtend; 4) je weiter er von der elektrischen Kugel zurücktrat, desto schwächer wurde das Licht, bis es sich endlich Blitzweise zeigte, und zuletzt in einer Weite von 1 1/2 Ellen sich ganz verlor; 5) war er mit der Röhre so weit zurückgegangen, dafs sie nicht mehr leuchtete, so konnte in einem Augenblicke wieder Licht hervorgebracht werden, wenn er damit in die Luft strich, ohne der elektrischen Kugel näher zu kommen; 6) hielt er die Röhre an eine gläserne elektrische Kugel, die auf einer Drehbank hin und her bewegt und gerieben wurde, so leuchtete die Röhre nicht in Eins fort, sondern gab das Licht nur blitzend von sich; 7) es leuchtete die Röhre auch, wenn er sie an einen durch Mittheilung elektrisch gemachten Körper hielt. 8) wurde die elektrische Kugel mit der Röhre berührt, so war aufser dem angeführten Lichte noch ein röthlich gelber kleiner Funken zu sehen, so oft die Röhre an die Kugel geschlagen wurde. — *Du Fay* (*Mémoires de Mathem. et de Physiq. de l'Academ. à Paris. an.* 1731. p. 352.) erzählt, er habe gefunden, dafs eine luftleer gemachte Glasröhre durch Reiben fast keine Elektricität erhalte, und dafs sie sie sogleich wieder erlange, wenn man die Luft wieder hineinlasse, selbst wenn man sie nicht wieder von Neuem reibe, er bemerkte ferner, dafs, wenn sie luftleer sei, sie nicht mehr beim Nähern der Hände oder des Gesichts die stechende Empfindung (*petille-*

ments) hervorbringe, die immer Statt finden, wenn sie, wie gewöhnlich lufterfüllt ist. Um bequemer und genauer die Versuche im luftleeren Raume vornehmen zu können, habe er sich eines kleinen Barometers bedient, das ihm *Mairan* gegeben habe, und das alle Versuche im luftleeren Raume bei Weitem leichter mache, als sie mit einem Recipienten, woran ein gewöhnliches Barometer angebracht sei, oder selbst mit der Vorrichtung, wo die Röhre an die Luftpumpe befestigt werde, wie dieses in England üblich sei, und wobei das Quecksilber nach Verhältnifs der Verminderung der Elasticität der Luft unter dem Recipienten steige, gemacht werden könnten. Das Mairansche Barometer war seinem Berichte zu Folge der Form nach den gewöhnlichen Barometern ähnlich doch hatte es im Ganzen nur 3 Zoll oder doch ohngefähr so viel Länge; die Röhre wurde so wie der untere Theil der Kugel völlig mit Quecksilber angefüllt 1), und auf einem kleinen Gestelle um es in einer vertikalen Lage zu erhalten, befestigt. Will man durch dieses Instrument die Gröfse um welche die Luft im Recipienten verdünnt ist, kennen lernen, so soll man es unter den Recipienten auf den Teller der Luftpumpe bringen. Die ersten Stempelzüge wirken auf dieses Barometer gar nicht; ist aber die Luft bis zu dem Grade verdünnt, dafs das gewöhnliche Barometer um 24 Zoll, oder ohngefähr so viel gefallen sein würde, so fängt es zu wirken an, und ist es um 2 Zoll gefallen, so würde das gemeine Barometer um 26 Zoll gesunken sein, u. s. w. An diesen Barometer bringt man ein kleines kupfernes in Zolle und Linien abgetheiltes Lineal an, und hat, will man den Arbeiten die gröfste Genauigkeit geben, auf den jedesmaligen Stand des gemeinen Barometers während des Versuchs Acht. Für die Versuche aber, welche uns hier interessiren, hält er eine so grofse Genauigkeit nicht nöthig; für diese meint er 2) sei es hinreichend, die Quantität Luft zu bestimmen, die in dem Recipienten bleibe, und dieses sei sehr leicht durch Hülfe des Kupferlineal, das in Linien den Unterschied der Quecksilberhöhe zwischen der Röhrenleere und der Leere in der Kugel anzeige. Um sich hernach zu überzeugen, ob die verschiedenen in der Leere geriebenen Körper Elektricität erhalten, oder nicht, nahm er einen oben offenen Recipienten, in dessen Oeffnung ein hohler hölzerner Cylinder von ohngefähr 4 Zoll Höhe aufs Genaueste eingekittet war; im Boden und Deckel des Cylinders war

1) *Man mufs hier die ersten Einrichtungen der Barometer vor Augen haben; Vergl. die Note* 1 *p.* 222. *B. II.*

2) *Von solchem superklugen Meinen rührte zum Theil der lange Streit, ob der luftleere Raum ein Elektricitätsleiter sei oder nicht, der noch lange fortgesetzt wurde, als man schon die Wirkung des Auskochens und den erforderlichen Mechanismus dabei kannte, her. Vergl. B. I. p. 55. ff.*

ein Loch angebracht, welches 1 1/2 Linie im Durchmesser hielt, und im Innern war der Cylinder mit mehreren dicht über einander geschichteten Lederscheiben völlig ausgefüllt, die in der Mitte durchstochen, und so mit Fett getränkt waren, dafs die Luft weder in sie, noch zwischen sie, und die Wände des Cylinders eindringen konnte; ein polirter Eisendrath ging von einem Ende des Cylinders bis zum andern durch alle Leder hindurch; und sein eines Ende war so eingerichtet, dafs man mit ein wenig Flachs leicht eine durchbohrte Kugel von Ambra Glas oder jeden andern ähnlichen Körper daran befestigen konnte; das obere Ende dieses Eisendraths, das über den Cylinder und aufser dem Recipienten befindlich war, war mit einem hölzernen Gewinde versehn, das man durch einen Handgriff umdrehen konnte, wodurch der Eisendrath und die daran befestigte Kugel schnell herumgedreht werden konnten, ohne dafs die Luft im Geringsten einzudringen vermogte. Um die Kugel durch diese Bewegung reiben zu können, war eine Art von platten und gekrümmten Griff (*pince platte et recourbée*), der mit Zeug, welches die Kugel umgab und schwach umprefste, gefüttert war, fest an die Röhre des Tellers der Luftpumpe angebracht; endlich waren noch im Recipienten Faden aufgehängt, welche das Zeichen gaben, wenn die Kugel elektrisch war. Nachdem diese Einrichtung getroffen war, brachte *du Fay* eine Amberkugel an das Ende des Eisendraths, zwischen die Arme des mit Zeug gefütterten Griffs; jetzt wurde die Luft ausgepumpt, bis das Quecksilber im kleinen Barometer sich dem Niveau bis auf 3 Linien Entfernung genähert hatte; die Amberkugel wurde auf die angeführte Art gerieben, und nun durch Erhebung des Gewindes zwischen den Schenkeln des Griffs weggenommen, wodurch sie den zu diesem Behufe aufgehangenen Fäden gegenüber gebracht wurde; sie zog sie sehr stark an, und so viel *du Fay* bemerken konnte, eben so, wie es in freier Luft geschah. Es drang so wenig Luft während des Versuches in den Recipienten, dafs das Barometer nur ohngefähr 1/2 Linie stieg. Der Versuch wurde mehrmals auf dieselbe Weise mit eben dem Erfolge wiederholt, so dafs man nach *du Fay's* Meinung, als ausgemacht annehmen kann, dafs Amber im luftleeren Recipienten durch Reiben eben so elektrisch wird, als in der gemeinen Luft. Derselbe Versuch wurde mit Bergkrystall gemacht, nur mit dem Unterschiede, dafs die Schenkel des Griffs dieses Mal mit Papier garniert waren. Nachdem die Luft auf denselben Grad als im vorigen Versuche verdünnt war, wurde die elektrische Kraft beträchtlich vermindert, und wieder in ihrer vorigen Energie hergestellt, so wie man die Luft wieder hinein liefs. Er glaubt hieraus schliefsen zu können, dafs die Körper, welche Glaselektricität haben, beim Reiben im luftleeren Raume nur sehr wenig Elektricität erhalten, obgleich sie dieselbe in diesem Medium beibehalten, wenn sie vorher in der Luft elektrisch gemacht waren; dafs hingegen

gegen die Körper, welche die Harzelektricität annehmen, beim Reiben in dem leeren Raume eben so als in der gemeinen Luft elektrisch werden.

Nollet sagt von den *du Fayschen* Versuchen (*Mém. de Mathém. et de Physique de l'Acad.* Paris. an. 1747, p. 180,) 1) er wisse, weil er Zeuge und selbst Gehülfe bei diesen Arbeiten gewesen sei, dafs *du Fay's* Apparat sehr unvollkommen und unbequem zum Reiben der Körper in dem leeren Raume gewesen sei; es möge deshalb das Glas und der Bergkrystall, die um elektrisch zu werden ein stärkeres Reiben als die harzigen Körper erfordern, nicht hinreichend gerieben sein; 2) er sehe nicht ein, warum man zu diesen Versuchen hohle Körper den derben vorgezogen habe; denn da es beschwerlich gewesen sei, das Glas hinreichend zu reiben, so hätte man doch für die Körper die Form oder den Umfang, bei denen sie durch geringeres Reiben elektrisch werden, wählen sollen; 3) wenn die Luft in einem Recipienten verdünnt werde, so lasse sie die wässerigen Theile die sie enthält, fallen 1), und man bemerke in dem Gefäſse einen um so dichtern Dampf, je länger dasselbe auf die den Teller bedeckenden nassen Leder 2) gesetzt sei, ehe man die Pumpe wirken lasse. Nun sei aber dieser Dampf ein Hindernifs beim Elektrischwerden; und er finde nicht, dafs man die gehörige Vorsicht angewandt habe, dessen Quantität zu vermindern oder zu verhindern, dafs er auf das Glas falle, welches man zu elektrisiren Willens gewesen sei. Diesen drei Fehlern abzuhelfen, oder vielmehr zu sehen, ob sie reel und fähig sein, diejenigen in Irrthum geführt zu haben, die Glas im leeren Raume zu elektrisiren versucht haben, wiederholte er den Versuch auf folgende Art (a. a. O. p. 181. Vergl. *Priestley's* Geschichte der Elektr. v. Krünitz p. 83.) Er nahm einen Recipienten, dessen oberer Theil in eine Art von Hals, G Fig. 4. Taf. XX. auslief, der nach aufsen mit einer Kupferkappe versehen war, welche einen durchbohrten, und mit einer Schraubenmutter versehenen Boden hatte, um eine Lederbüchse H aufnehmen zu können. Diese Büchse war mit runden Scheiben von Ochsenleder, die in geschmolzenes Fett getaucht, und durch den Deckel, der aufgeschroben ward, auf einander geprefst wurden, angefüllt. Durch diesen Deckel, die Leder, und den Boden der Büchse ging eine Stahlruthe, die an dem Theile welcher durch die Büchse ging, abgerundet, an den beiden Enden aber viereckigt war. Das obere Viereck, welches aus der Lederbüchse herausstand, ging in das Ende eines kleinen vertikal stehenden Stammes I K, welchen die

1) *Man sehe unter den Eigenschaften der Luft Ausdehnung (B. II. p. 280.) und Luft und Wasser.*

2) *Du Fay bediente sich aber an Statt der nassen Leder eines harzigen Kitts. Man sehe auf seine Versuche zurück.* *v. S.*

Drehmaschine herum wirbelte; und auf diese Art entstand Bewegung im Recipienten, ohne dafs Luft hinein kommen konnte, wenn das Vacuum gemacht war. An dem sich im Innern des Recipienten befindenden Stamme, wurde ein kleines Gefäfs L von weifsem Krystallglase, welches in seiner Form einem umgestürzten runden drei Zoll im Durchmesser haltenden und 2 ½ Zoll hohen Becher sehr ähnlich war, und fast eine Linie Dicke hatte, festgemacht. Vermittelst des Stammes, welcher das kleine Gefäfs trug, wurde auch durch das Centrum und perpendiculair auf die untere Fläche des Gefäfses ein Cirkel von dünner Pappe M, welcher 4 Zoll im Durchmesser hatte, geführt. Die Gefäfse so wie der Luftpumpenteller, auf welchem der Recipient durch einen Kreis von weichem Wachse befestigt wurde, wurden sehr ausgetrocknet; hiedurch glaubte er um vieles den Dunst, den man gewöhnlich fallen sieht, wenn man die Luft zu verdünnen anfängt, zu vermindern: durch den kleinen Papierkiel aber wollte er verhindern, dafs die wenigen in der Luft befindlichen Feuchtigkeiten, welche er zu verdünnen gedachte, nicht auf das Gefäfs L fielen. Endlich wurde das kleine Gefäfs durch die Platte N, welche in einer pafslichen Distanz auf dem Teller befestigt, und mit einem Kissen von grauen Papier, das mehrere Male zusammen gefallen, versehen war, während des Drehens gerieben. Als nun Alles so eingerichtet war, setzte er, ehe noch die Luft verdünnt worden, die Drehmaschine in Bewegung; nach einem Reiben von 7 oder 8 Sekunden fand er, dafs sein kleines Gefäfs elektrisch geworden war; es zog nemlich sehr lebhaft ein kleines Metallblättchen O, das in jedem Sinne (*en tout sens*) ohngefähr 8 bis 10 Linien breit, und an einem seidenen Faden in einer Entfernung von 2 Zollen in demselben Recipienten aufgehangen war, an, und stiefs es zurück. Als er sich durch dieses vorläufige öfters wiederholte Experiment hinreichend überzeugt glaubte, dafs sein Apparat an sich die elektrische Kraft auf eine hinlängliche merkliche Art schnell zu erregen geschickt war, verdünnte er die Luft bis zu dem Grade, da das Quecksilber des Probebarometers nur um 1 ½ Linien über seinem Niveau war. Als jetzt das kleine Gefäfs, welches hinreichende Zeit gehabt hatte, seine erste Elektricität wieder zu verlieren, bei weitem länger als bei dem ersten Versuche gerieben war, bemerkte er nur schwache Zeichen von Elektricität, die bald aufhörten, wenn er diese Kraft nicht durch neues Reiben unterhielt. Bei öfteren, zu verschiedenen Zeiten wiederholten Versuchen, ergab sich ihm immer, dafs sich das Glas im leeren Raume elektrisiren lasse, dafs aber die Elektricität schwächer als in freier Luft sei. Dasselbe fand er, wenn er anstatt des Glases Kugeln von Schwefel oder Siegellack rieb. Als er mit der Hand einen Recipienten von 1 Fufs Höhe, und 3 ½ Zoll Breite, den er auf der Schüssel einer Luftpumpe mit weichem Wachse festgemacht, und woraus er die Luft hinaus gepumpt hatte, rieb, so wurde er so elektrisch, dafs er ein kleines Blättchen Metallgold, wel-

ches in der Mitte des Gefäſses angehängt war, sehr lebhaft abstieſs, und anzog, und diese Bewegungen schienen ihm immer stärker als die, welche er in dem von Luft gereinigten Recipienten, worin er das kleine Gefäſs hatte reiben lassen, bemerkte. Anstatt das von Luft gereinigte Gefäſs wie in dem vorigen Versuche zu reiben, näherte er nun in der Entfernung von einigen Zollen eine elektrische Röhre demselben; die erhaltene Kraft wurde durch das in dem leeren Raume aufgehangene Metallgold sehr merklich; es wurde häufiger abgestoſsen als angezogen; aber niemals näherte er dem Recipienten die elektrische Röhre, niemals zog er sie wieder von demselben zurück, ohne daſs das Blatt nicht sehr deutlich bewegt wurde. Er setzt hinzu, wenn man wissen wolle, was das Metallblatt bei dem letzten Versuche in Bewegung setze, so solle man diesen Versuch in der Dunkelheit wiederholen; ein aufmerksamer Beobachter werde das wirkende Fluidum bemerken, und man werde leicht finden, daſs es von einer Beschaffenheit sei, die es sehr von der Luft unterscheide. Nähere man die eben geriebene Röhre der Oberfläche des Recipienten, aus dem man die Luft gepumpt habe, so sehe man von diesem Orte her einen, oder zuweilen mehrere Auswürfe von entzündeter Materie, die sich in das Innere des Gefäſses erstrecken, und bei dem Scheine dieses Lichts könne man leicht bemerken, daſs das aufgehangene Metallblatt mehr oder weniger und nach verschiedener Richtung bewegt werde, je nachdem es von diesen leuchtenden Einflüssen getroffen werde. Noch sagt er, man wisse, daſs das elektrische Licht im luftleeren Raume fast immer weit verbreitet, und ununterbrochen sei, da hingegen die Lichtbüschel, welche die elektrische Materie uns oft darbiete, wenn sie von einem elektrischen Körper in der derselben umgebenden Luft fortgehe, sich aus sehr bestimmten unter einander divergirenden Strahlen bilde, von denen jeder weniger eine zusammenhängende entzündete Materie, als eine Folge kleiner Kügelchen die nur nach und nach sich entzünden und verpuffen zu sein scheine. Derselbe nahm eine vier Fuſs lange Eisenstange, wie man sie gewöhnlich zu Gardinenstangen gebraucht, machte an ihrem einen Ende ein gläsernes Gefäſs fest; welches mit zwei entgegengesetzten Hälsen versehn war, und vier Zoll im Durchmesser hatte. Die Verbindung wurde so gemacht, daſs die Luft nicht durchdringen konnte, und das Ende der Stange bis zur Mitte des Gefäſses fortging. Der andere Hals war mit einem sehr genau schlieſsenden Hahn versehen, wodurch man in den Stand gesetzt wurde, den Apparat mit einer Luftpumpe zu verbinden, um die Luft aus dem Gefäſse zu pumpen und ihn ohne Gefahr von derselben nachdem das Vacuum gemacht war, zu trennen. Ehe er zu diesem Versuche selbst schritt, wollte er vorher untersuchen, ob dadurch, daſs das Ende der Eisenstange sich in einem Glasgefäſse eingeschlossen befände, obgleich dieses Gefäſs voll Luft sei, nicht dennoch eine Abweichung von den

gewöhnlichen Wirkungen hervorgebracht werde, um genau bestimmen zu können, was der Abwesenheit der Luft bei dem zu machenden Versuche zu zuschreiben sei. Er hängte zu diesem Zwecke die mit ihrem nicht von Luft gereinigten Gefäſse versehene Eisenstange an seidenen Schnüren horizontal auf, und lieſs sie durch eine gläserne Kugel elektrisiren; bald darauf bemerkte er zwei Lichtbüschel an dem in das Gefäſs eingeschlossenen Ende, und diese Büschel waren fast dieselben, der Hahn mogte verschlossen, oder die Communikation der äuſsern Luft mit der innern freigelassen sein. Aber in beiden Fällen waren diese Büschel merklich kleiner, als sie an demselben Ende waren, wenn dasselbe nicht eingeschlossen war. Da er auf diese Weise überzeugt war, daſs das Gefäſs, welches das Ende seiner Stange einschloſs, an sich die Erscheinung der Büschel nicht hindern werde, zog er die Luft so genau als es ihm möglich war hinaus, und fing wie vorher wieder zu elektrisiren an. In sehr kurzer Zeit wurde das Glasgefäſs sehr stark elektrisch; seine Atmosphäre war so merklich, daſs man rund herum in einer Entfernung von fünf oder sechs Zoll die Empfindung hatte, als berühre man ein Wollegespinst, wenn man die Hand oder das Gesicht derselben näherte; der Hahn und Kupferumgebungen, welche an die beiden Hälse gekittet waren, zeigten an ihren Enden und erhabensten Theilchen Lichtbüschel, welche länger als zwei Zoll waren, und ein solches Geräusch machten, daſs man sie an dem entgegengesetzten Ende des Zimmers hören konnte. Man sah auch an verschiedenen Punkten der Oberfläche des Gefäſses Büschel, wenn man demselben die Fingerspitze näherte. Der Geruch dieser Ausflüsse war ausserordentlich stark, und glich dem des Phosphors, und ein wenig dem des Knoblauchs oder dem, welcher sich bei der Auflösung des Eisens im Salpetergeist offenbart. Das in der Leere befindliche Ende der Stange zeigte nicht mehr diese gewöhnlichen aus Strahlen oder sehr divergirenden Fädchen zusammengesetzten Büschel; von mehreren Orten ergossen sich auf ein Mal groſse Strahlen von leuchtender Materie, die sich bis zu der innern Oberfläche des Gefäſses verlängerten, und die beinahe der durch den Wind eines Blasebalgs leicht angefachten Flamme einer Emaillirlampe glichen. Diese Flammen vervielfältigten sich, als er das Gefäſs in einiger Distanz mit seinen beiden Händen umgab, und besonders als er seine zehn Finger auf ein Mal in einer fast perpendikulairen Richtung der Oberfläche dieses Gefäſses darbot. Wenn er aufhörte diese Flammen zu erregen, oder sie zu bestimmen sich nach dem Aequator des Gefäſses zu begeben, so kam eine sehr dicke aus dem Ende des Eisens, die einer andern völlig ähnlichen voranging, welche aus dem Halse, an dem der Hahn befindlich war, zum Vorschein kam. Man mogte den Funken aus einer Stelle des Eisens hervorlocken aus welcher man wollte, immer war er sehr stark; und in dem Augenblicke, in welchem

er zum Vorschein kam, erfüllte sich alles mit einem so glänzenden Lichte, daſs man alle in der Nähe befindliche Gegenstände sehr deutlich erkennen konnte. Die Metallblättchen, welche er in den Recipienten gebracht hatte, ehe er pumpte, sah er jetzt fast alle dem Glase anhängen, so, daſs es den Anschein hatte, als seien sie durch irgend eine Feuchtigkeit angeklebt; sie gingen aber sogleich davon los oder erhoben sich zum Theil, als er ihnen die Fingerspitze, oder ein Metallstück auswärts näherte. Diese kleinen Blättchen wurden sehr selten durch das Ende der Eisenstange angezogen, so viel Mühe er sich auch gab diese Wirkung zu erleichtern. Als er die Stange von den sie haltenden Seidenschnüren losgemacht hatte, dauerten die Wirkungen derselben, ob er sie gleich in der bloſsen Hand hielt, wiewohl mit verminderter Stärke, fort; sie wurden stärker, wenn er die Hand dem Gefäſse näherte, und wenn er sie nicht erregte, sah er länger als eine halbe Stunde hindurch aus dem Ende der Eisenstange eine kleine ziemlich glänzende Flamme fahren, so daſs es schien, als sei eine kleine angezündete Kerze in einer Glaslaterne getragen. Endlich lieſs er die Luft wieder in das Gefäſs hinein, und in demselben Augenblick war das ganze Schauspiel ohne Wiederkehr verschwunden. Als er nachher diesen Versuch wiederholte (s. a. O. p. 197), brachte er die linke Hand an das Gefäſs, und zog mit der Rechten einen Funken aus der Eisenstange; er erhielt einen ihn durch und durch und vom Kopf bis zu den Füſsen so erschütternden Schlag, daſs er sich nicht entsinnen konnte, denselben je stärker bei Wiederholung des Leidenschen Versuchs erhalten zu haben; die übrige Zeit des Abends befand er sich schlimm; doch wurde diese Unpäſslichkeit durch den Schlaf der folgenden Nacht gehoben. Er lieſs den letztern Versuch durch verschiedene Personen wiederholen und alle waren, ob er gleich sorgfältig den Schlag zu vermindern suchte, indem er sie den Funken ehe abnehmen lieſs, als das Gefäſs noch eine starke Elektricität angenommen hatte, der Meinung, sobald sie den ersten Versuch gemacht hatten, daſs es gar keinen Unterschied unter dem Schlage den man auf diese Weise, und dem, den man durch das Leidensche Experiment erhält, gebe. — (*Christ. Gottl. Kratzenstein* behauptet *Chr. Gottl. Kratzenstein Theoria elektricitatis more geometrico explicata*, *Halae* 1746 bei Gralath. a. a. O. Th. III. p. 305) daſs die Elektricität im luftleeren Raume zu verspüren sei. — *Le Cat* (*Magas. franc. par Mme L. P. Beaumont à Londres p. le mois de Juin* 1751 *p.* 201 *ff. Juill. p.* 1 — 5 *d'Aoust. p.* 41 *ff*; Gralaths Geschichte a. a. O. Th. III. p. 311) suchte durch verschiedene Versuche zu beweisen, daſs wenn auch die Luft nicht als die wirkende Ursache der elektrischen Erscheinungen angesehn werden könne, sie doch etwas dazu beitrage; und daſs gegen diese Meinung das Verhalten der Elektricität im Luftpumpenraum gar kein Einwurf sein könne, indem man die Recipienten durch

die Luftpumpe nie von aller Luft reinigen könne. — *Franklin* fand (*Lettres on Electricity etc. p.* 77. Bei Priestley a. a. O. p. 108.), dafs bei einer Glasröhre aus welcher die Luft herausgezogen war, kein unelektrischer Ueberzug, der von einem Drathe berührt wurde, nöthig sei, um elektrisches Feuer aus derselben zu erhalten, sondern dafs dasselbe im luftleeren Raume ohne Beihülfe eines unelektrischen Körpers aus der innern Oberfläche ungehindert herausfahre. Dr. *Watson* (*Philosoph. Transact. Vol. XLVII, p.* 367, bei Priestley a. a. O. p. 187), evacuirte einen gläsernen Cylinder, welcher drei Fufs Länge, und drei Zoll im Durchmesser hatte, und so eingerichtet war, dafs man eine messingene Platte so weit man wollte in denselben hinablassen konnte, um dieselbe einer andern an den Boden befestigten Platte nahe zu bringen. Diesen so zugerichteten Cylinder legte er auf einen elektrischen Körper, und bemerkte, dafs, wenn die obere Platte elektrisirt war, die elektrische Materie von einer Platte nach der andern, in der gröfsten Entfernung zu der die messingenen Platten gebracht werden konnten, fuhr, und dafs die Platte an den Boden des Cylinders stark elektrisirt war, als ob ein Drath dieselbe mit dem ersten Leiter verbunden hätte. Es war, wie er versichert, sehr belustigend mit anzusehn, wenn das Zimmer verfinstert war, wie die elektrische Materie durch diesen luftleeren Raum fuhr; und nicht wie in der freien Luft kleine Büschel oder Pinsel feuriger Strahlen einen oder zwei Zoll lang, sondern ein Glänzen (*Coruscation*) der ganzen Länge der Röhre, und von einer lichten Silberfarbe, wahrzunehmen war. Diese glänzenden Strahlen fuhren nicht sogleich auseinander, wie in der freien Luft, sondern zertheilten sich öfters von einer dem Anscheine nach breiten Grundfläche in kleinere und kleinere Zweige, und sahen dann den lebhaftesten feurigen Strahlen eines Nordscheins sehr ähnlich. Bisweilen bemerkte er, dafs, wenn die Luft auf die vollkommenste Art aus der Röhre herausgebracht war, das elektrische Fluidum zwischen den messingenen Platten in einem beständigen Strohme von gleicher Breite ihre ganze Länge hindurch fuhr, da man hingegen in der freien Luft diese Büsche, wenn die Elektricität stark ist, so auseinander fahren sieht, dafs sie fast eine sphärische Gestalt annehmen. Er machte den luftleeren Raum zu einem Theile eines zu der Bewirkung des Entladens einer Phiole nöthigen Bezirks; und man nahm in dem Augenblicke der Explosion eine Masse sehr hellen zusammengemischten Feuers wahr, welches von der einen messingenen Platte in der Röhre nach der andern hinüberfuhr. Dieses fand aber alsdann, wenn die eine Platte weiter als zehn Zoll von der andern entfernt war, nicht Statt. War die Entfernung gröfser, so fing das Feuer an auseinanderzufahren, und verlor einen Theil seiner Kraft; und diese Kraft verminderte sich nach dem Verhältnisse seines Auseinanderfahrens, welches beinahe wie die Distanz der beiden Platten war. Um eine noch vollkommenere Luftleere zu haben, be-

diente er sich, wie **Priestley** (a. a. O. p. 188) anführt, einer vom Lord **Carl Cavendish** angegebenen Einrichtung (*Philosoph. Transact. Vol. XLIX. p.* 370.), da durch Umkehren einer mit Quecksilber angefüllten langen gebogenen Glasröhre, der ganze über dem Quecksilber befindliche gebogene Theil derselben nach *Priestley's* Ausdruck zum vollkommensten luftleeren Raume, den irgend Jemand hervorbringen kann (!) gemacht wurde. 1) Diesen luftleeren Raum isolirte *Watson*, und als der einen Barometerkapsel die Elektricität von der Maschine zu geleitet wurde, erfüllte, wenn ein unelektrischer Körper die Kapsel berührte, das elektrische Feuer die ganze dreifsig Zoll lange Torricellische Röhre, und ging in die andere Quecksilbersäule hinüber, so dafs man in dem verfinsterten Zimmer, so lange als die Bewegung der Maschine dauerte, einen ununterbrochenen Bogen von schweifender Flamme, und zwar, so weit als man mit dem Auge verfolgen konnte, ohne das geringste Auseinanderfahren, sah. Als er die eine Kapsel mit der Maschine in Communikation brachte, welche isolirt war, so fuhr das Feuer in einer entgegengesetzten Richtung durch den luftleeren Raum. 2) Er bemerkte auch, dafs, wenn unter vorher angeführten Umständen die Hand einer auf dem Fufsboden stehenden Person der Seite des Glases nahe gebracht wurde, die Strahlen von selbst, unter den verschiedenartigsten Gestalten eben dahin fuhren, welches sehr angenehm anzusehen war. Indessen fand Herr *Watson* dafs dieser luftleere Raum nicht so vollkommen wie Metalle oder Wasser leitete, weil, wenn Jemand auf dem Fufsboden stand und seinen Finger an die obere Messingplatte hielt, er einen schmerzhaften Schlag bekam. (*Philosoph. Transact. Vol. XLVII p.* 373.) *Wilson* bewog Herrn *Johann Smeaton*, (den Erfinder der bekannten nach ihm benannten Luftpumpe; s. B. II. 256) einige elektrische Experimente im luftleeren Raume anzustellen. Folgendes ist die Nachricht davon, welche er dem Herrn *Wilson* schriftlich mittheilte. Ein gläsernes Gefäfs, welches ohngefähr einen Fufs lang war, acht Zoll in seinem gröfsten Durchmesser hatte, und an beiden Enden offen war, war an dem einen Ende mit einem messingenen Ringe verschlossen, welcher einen von denen Mittelpunkten ausmachten, worauf es sich herumdrehte;

1) *Jetzt weifs man hinlänglich, und es ergiebt sich aus der Vergleichung dieses Artikels mit dem im ersten Bande p.* 55 *befindlichen:* Elektricität im luftleeren Raume, *aufs Klarste, dafs dieser Raum, so lange das Quecksilber in der Röhre selbst nicht aufs Vollkommenste ausgekocht ist, durchaus nicht für luftleer zu halten sei.* v. S.

2) Watson *führt diesen Versuch als einen Hauptbeweis an, dafs Elektricität den Leiter nicht durch den elektrisch gemachten Körper, sondern von den unelektrischen Körpern, welche das Reibzeug berührt, mitgetheilt werde, und dafs wir vermögend sind, entweder von der Quantität von Elektricität, welche in den Körpern von Natur befindlich ist, etwas abzunehmen, oder zu derselben hinzuzuthun.*

das andere Ende war mit einer Metallplatte verschlossen. In der Mitte dieser Platte befand sich ein viereckichter Stiel, welcher in einen Drehbaum gesteckt wurde, wodurch das Glas rings herum gedrehet wurde. An der einen Seite der letztern Platte war ein Loch, worin ein Kork gesteckt war, vermittelst dessen das Glas auf der Luftpumpe eingeschraubt wurde. Als die Luft in dem Glase ohngefähr 500 Maal verdünnt, und nachher das Glas an dem Drehbaume herumgedreht worden, indessen dasselbe zugleich mit seiner Hand gerieben wurde, kam eine beträchtliche Quantität schweifender Flammen, worin sich alle Regenbogenfarben zeigten, innerhalb dem Glase unter der Hand zum Vorschein. Dieses Licht war in jeder Absicht ziemlich beständig, aufser dafs jeder Theil desselben immerfort eine andere Farbe annahm. Wurde etwas Luft in das Glas hineingelassen, so erschien das Licht weit lebhafter und in gröfserer Quantität; indessen war es nicht so anhaltend, denn es brach zum öftern in eine Art von Glanz gleich dem Blitze aus, und flog in dem Glase hin und her. Wurde etwas mehr Luft hineingelassen, so war das Leuchten unaufhörlich, und es schienen Ströme eines bläulichten Lichtes unter seiner Hand innerhalb dem Glase unter tausendterlei Gestalten mit sehr grofser Geschwindigkeit herauszufahren, welche wie ein Wasserfall, bei dem an Statt des Wassers Feuer wäre, aussahen. Bisweilen schien das Feuer in Gestalt von Bäumen, Moosen und so weiter auszuschlagen. Wurde noch mehr Luft hinzugelassen, so verminderte sich die Quantität des Lichtes, und die Ströme, welche die Lichtflammen ausmachten, wurden schmäler. Das Glas erforderte eine gröfsere Geschwindigkeit beim Umdrehen und ein stärkeres Reiben. Diese Umstände nahmen zu, je mehr Luft hineingelassen wurde, so dafs alsdann, wenn die Luft ein Drittel des Glases füllte, das Glänzen ganz und gar verschwand, und eine weit geringere Quantität von Licht theils im, theils aufserhalb dem Glase zu sehen war; wenn endlich alle Luft wieder hineingelassen war, erschien das Licht gänzlich aufserhalb dem Glase, und in weit geringerer Quantität, als wenn das Glas zum Theil luftleer war. (*Wilsons Essay on Electricity p.* 216; bei **Priestley** a. a. O. p. 189).

Als *Canton Watson's* Versuch mit der Torricellischen Röhre nachmachte, beobachtete er, dafs, wenn die durch Reiben elektrisch gemachte Röhre der einen Kapsel dieser isolirten Maschine nahe gebracht wurde, über die Hälfte des luftleeren Raumes leuchtete; welches Licht aber sehr bald wieder verschwand, wenn die Röhre nicht näher gebracht wurde, hingegen dann wieder zum Vorschein kam, wenn man dieselbe weiter zurückzog, und dafs sich diese Erscheinung zu verschiedenen Malen wiederholen liefs, ohne dafs die Röhre durch neues Reiben elektrisch gemacht werden durfte. Diesen Versuch zeigte *Canton* dem Herrn *Wilson*, der nachher denselben, wie *Priestley* sagt,

(a. a. O.

(a. a. O. p. 190) weitläufiger ausführte, und in einem von ihm und Herrn *Hoadly* gemeinschaftlich, unter dem Titel: *Observations on a series of electrical experiments*, herausgegebenen Buche, beschreibt, wo er in einer Anmerkung p. 28 sagt: „Herr *Canton* hat dieses Verschwinden und Zurückkehren des Lichts wahrgenommen." *Canton* stellte seit der Zeit dieses Experiment unter veränderten Umständen an, indem er die elektrisch gemachte Röhre an eine andere ausgepumpte und hermetisch versiegelte Glasröhre brachte, wodurch er die vollkommene Erscheinung eines Nordscheins darstellte. Die Flamme fuhr von dem einen Ende, welches gewissermafsen durch die Hand, worin dasselbe gehalten wurde, einen Ueberzug bekam, in ungleichen Zeiträumen, beinahe eine Viertelstunde nach einander nach dem andern Ende, ohne dafs die elektrisch gemachte Röhre aufs Neue daran gehalten werden durfte.

Am 6. Dec. 1759 (*Philosoph Transact. Vol. LI, p.* 308 *sqq.*) verlas Herr *Wilson* vor der Londoner Societät einen Aufsatz, worin er Nachricht von seiner Wiederholung des vorher angeführten von *Cavendish* zuerst ersonnenen Experiments ertheilte. Er hatte dabei eine sonderbare Erscheinung von Licht auf der einen Oberfläche des Quecksilbers bemerkt. Diese Erscheinung um so viel besser beobachten zu können, liefs *Wilson* etwas Luft in die Röhre hinein, wodurch er vier Quecksilbersäulen, und also sechs sichtbare Flächen in dem einen Schenkel der umgekehrten Röhre bekam. Hierauf elektrisirte er das Quecksilber in dem andern Schenkel, während das Quecksilber auf der entgegengesetzten Seite eine Communikation mit der Erde hatte, und bemerkte, dafs im finstern Zimmer der Strom des elektrischen Lichtes die ganze Länge des luftleeren Raumes hindurch sichtbar war, und die allgemeine Erscheinung desselben von gleichförmiger Dichte zu sein schien, an den obern Flächen jeder Säule ausgenommen, als woselbst ohngefähr ein Zehntel Zoll über der Oberfläche das Licht alle Mal weit heller war, dergleichen hingegen an den untern Flächen nicht zu bemerken war, indem vielmehr das Licht an diesen Orten weniger hell, als bei der allgemeinen Erscheinung des ganzen luftleeren Raumes aussah. Als er an demselben Orte mit einem Cylinder von Harz elektritrisirte, zeigten sich die Lichterscheinungen insgesamt an den untern Flächen der Quecksilbersäule. 1) Auch Herr *Aepinus* gedenkt einiger besondern Um-

1) Den hellen Schein schreibt *Wilson* dem Widerstande zu, den die Flüssigkeit auf der obern Fläche des Quecksilbers bei dem Bemühen sich in dieselbe hinein zu begeben, antrifft. Er schlofs demnach hieraus, dafs elektrisch gemachtes Glas die Körper positiv elektrisire, welches bei ihm heifst, den Körpern eine gröfsere Quantität elektrisches Fluidum, als sie von Natur haben, mittheile, dafs Harz hingegen sie negativ elektrisire, indem es sie eines Theils ihrer eigenthümlichen Elektricität beraube, oder, wie er sich

stände bei dem Experimente mit der gebogenen Röhre. (*Philosoph. Transact.* Vol. LIII, p. 438, 44; Priestley's Geschichte, p. 192 f.) Wenn man, sagt er, nachdem Glas elektrisirt, und an die erste Quecksilbersäule gehalten ist, das elektrische Fluidum längs der Röhre, blos in geringen Quantitäten und in kurzen Zwischenzeiten laufen läfst, so siehet man keine helle Ströme von der ersten Quecksilbersäule nach der zweiten, und also von dem Glase, sich bewegen. Eben diese Erscheinungen bemerkt man, jedoch in entgegengesetzter Richtung, wenn man Harz oder Bernstein an dieselbe Säule hält. — *Canton* meldete nachher Herrn *Priestley* (a. a. O. p. 193), dafs er gefunden habe, dafs das Licht, welches *Wilson* als auf der einen Oberfläche des Quecksilbers in dem doppelten Barometer des Lord *Carl Cavendish* erscheinend wahrgenommen habe, durch nichts anders, als gemeine Luft verursacht sei; denn wenn die Torricellische Luftleere auf die gehörige Art gemacht worden wäre, so sei nach dem Elektrisiren auf den Oberflächen der Quecksilbersäulen kein Unterschied des Lichts wahrzunehmen; sobald aber so viel Luft in die Leere hinein gelassen werde, dafs dadurch jede Quecksilbersäule 1/4 Zoll niedriger werde, als die Säule eines guten Barometers, so erscheine so viel Licht, als Herr *Wilson* beschrieben habe. — *Aepinus* giebt (*Nov. Commentar. Acad. Petropol. A.* 1766 *et* 1767, P. XII, Petropol. 1768; Neues Hamburger Magaz. St. 53, p. 532) folgenden Versuch an: Man setze eine gläserne Glocke, die rein und trocken, und an ihrer obern Oeffnung mit einer Oeffnung versehen ist, auf den metallischen Teller einer Luftpumpe, und befestige sie darauf vermittelst eines wächsernen Ringes. Durch die obere Oeffnung stecke man in die Glocke einen metallischen Draht a b von mittelmäfsiger Dicke, woran unten eine metallische Kugel befestigt ist. Dieses alles aber mufs so eingerichtet werden, dafs, wenn man den Draht hineinsteckt, oder wieder hinaus zieht, die Entfernung der Kugel von dem Teller der Maschine nach Belieben vermindert und vergröfsert werden kann. Nachdem hierauf die Luft unter der Glocke verdünnt ist, so wird der Draht nebst der daran befindlichen Kugel elektrisirt, der Versuch einige Male wiederholt, und die Entfernung der Kugel vom Teller

ausdrückt, einen Strom der elektrischen Flüssigkeit veranlasse, den entgegengesetzten Weg zu nehmen. Diese Lichterscheinung betrachtete *Wilson* auch als eine starke Bestätigung des Daseins einer Zwischenmaterie auf oder nahe an den Oberflächen der Körper, welche den Ein- oder Austritt der elektrischen Flüssigkeit hinderte; eine Lehre, welche *Wilson* aufbrachte, und worauf er sich bei verschiedenen andern Gelegenheiten beruft. (*Philosoph. Transact.* Vol. LI, P. I, p. 308.) Hier können wir über diese Gegenstände keine weitere Discussionen eröffnen, diese werden ihren Platz im zweiten Theile finden, wo die Hypothesen über die Erregung der Elektricität in den Körpern angeführt und gewürdigt werden sollen. v. S.

verändert, so wird man offenbar wahrnehmen, dafs sich ein elektrischer Funke zwischen dem Teller und der Kugel in gröfserer Distanz wenn die Luft dünner, in kleinerer aber wenn sie dichter ist, erzeugt. Auf diese Art habe er dann und wann einen von der Leidner Flasche hervorgebrachten Funken in einer Distanz von einigen Fufs durch den mit sehr verdünnter Luft erfüllten Raum fahren sehen. — *Wilson* wollte bei seinen Versuchen gefunden haben, dafs in dem luftleeren Raume die Papierfähnchen beim Elektrisiren sich nicht herum dreheten. *Priestley* wiederholte die Versuche, und fand dasselbe, bemerkte aber zugleich, dafs dieses Verhalten dem luftleeren Raume nicht eigenthümlich sei, indem dieselben auch in einem verschlossenen Recipienten, der mit gemeiner Luft angefüllt war, nicht in Bewegung geriethen. (Priestley's Gesch. p. 394.) Am 21. Dec. 1767 machte *Priestley* eine Torricellische Luftleere in einer ohngefähr 3 Fufs langen Röhre, hielt sie mit dem einen Ende in seiner Hand, brachte einen benachbarten Theil des andern Endes an den ersten Leiter, und beobachtete, dafs unterdessen, da das elektrische Feuer sich der ganzen Länge der Röhre nach verbreitete, er von Zeit zu Zeit einige besonders schmerzhafte Stiche in seiner Hand fühlte, welche denjenigen, die man alsdann empfindet, wenn man eine dünne unüberzogene Flasche unterdessen, dafs man sie an dem ersten Leiter geladen hat, in der Hand hält, völlig gleich, zugleich aber stechender waren. Als er die Röhre von dem ersten Leiter hinweg brachte, kamen an dem Orte, welcher den Leiter berührt hatte, Funken von selbst zum Vorschein, welche denen, die aus dem Drahte einer überladenen Flasche herauszufahren pflegen, völlig gleich, indessen länger und weit schöner waren. Als er nachher seine andere Hand nahe an den Ort der Röhre, welche den Leiter berührt hatte, brachte, bekam er in beiden Armen und in der Brust einen sehr starken Schlag, und zwar war die Erschütterung in der Hand, welche der Röhre genähert ward, weit stärker, als in der, worin er sie hielt. Wenn er, ohne seine andere Hand an die Röhre zu bringen, dieselbe blos an den Tisch, oder irgend einen andern Leiter hielt, so kamen an eben dem Orte verschiedene starke Funken hervor, welche mit einem Lichtscheine, der die ganze Länge der Röhre anfüllte, begleitet waren. Diese Funken waren denen gleich, welche aus dem Drahte einer geladenen Flasche, wenn man denselben an eben dergleichen unvollkommene Leiter bringt, und zugleich die Flasche in der Hand hält, zum Vorschein kommen. Er bemerkte nachher, dafs der stärkste Schlag, den diese Röhre beizubringen vermögend war, gerade alsdann empfunden wurde, wenn man die eine Hand an den Ort zu halten fortfuhr, wohin man die Röhre, um sie zu laden, gehalten hatte, und mit der andern die Röhre einen oder zwei Zoll über gedachtem Orte berührte; da man denn zugleich in demselben Augenblicke der Erschütterung einen überaus dichten Funken

elektrischen Feuers die ganze Länge der Röhre hinfahren sah. Wenn noch drei Personen ausser *Priestley* einander die Hand gefafst hatten, fühlten sie alle die Erschütterung stark in den Armen. *Priestley* bemerkt, man könne die Röhre gar nicht entladen, wenn man die eine Hand so nahe an die andere halte, wofern man nicht, unterdessen, dafs man sie ladet, diesen Theil der Röhre an den Leiter hält; und habe man nur einen gewissen besondern Theil der Röhre an den Leiter gebracht, so lasse sich die Entladung ohne diesen Theil zu berühren nicht bewirken. Wenn die Röhre, indem man sie an irgend einem Orte berührte, eine Erschütterung beigebracht hatte, so konnte sie deren eine oder zwei kleinere verursachen, wenn man sie wieder an andern Orten anstofse. Ferner überzog *Priestley* ohngefähr 6 Zoll nahe an jedem Ende der die Torricellische Leere enthaltenden Röhre, liefs einen Raum von ohngefähr anderthalb Fufs unüberzogenes Glas zwischen den Ueberzügen, und beobachtete, dafs, wenn er den einen dieser Ueberzüge in seiner Hand hielt, und den andern an den ersten Leiter brachte, derselbe alle Mal eine ziemliche Ladung annahm, und sich durch einen hellen Funken über einen Zoll, und zuweilen gar zwei Zoll weit entladete, wenn er ausser den überzogenen Theil auch den unüberzogenen an den ersten Leiter gebracht hatte. Zuweilen entladete sich der unüberzogene Theil von selbst durch einen hellen Lichtschein, welcher nach dem untern Ueberzug fuhr, und den überzogenen Theil geladen liefs, wie vorher. Wenn er die Röhre in der Mitte hielt, wo kein Ueberzug war, und den einen Ueberzug nahe an den Leiter brachte, so nahm er eine ziemlich gute Ladung an. Er stieg alsdann auf einen isolirten Sessel, und brachte den einen Ueberzug um geladen zu werden daran, indessen er den andern hielt, und bemerkte, dafs er nicht mehr als $\frac{1}{4}$ der vorigen Ladung annahm. Auch nahm er wahr, dafs man Funken aus seinem Körper hervorlocken konnte, indem er auf dem Sessel stand, und die Röhre, um geladen zu werden, hinhielt, indessen nicht länger, als bis die Röhre ihre völlige Ladung bekommen hatte, und dafs alsdann die Explosion eben so stark war, als sie gewesen war, wenn er auf dem Fufsboden stand. Als er die Röhre isolirte, indem er sie in ein gläsernes Gefäfs legte, nahm sie noch weit weniger Ladung an, als wenn er auf dem Sessel stand, und dieselbe hielt, indem diese Methode ein weit vollkommeneres Isoliren verursachte. Wenn er irgend einen Leiter an den untern Ueberzug brachte, unterdessen er den andern an den ersten Leiter hielt, so kamen sehr viel Funken zum Vorschein, so lange bis er eine beträchtliche Ladung bekommen hatte; alsdann hörten diese Funken gänzlich auf, und die Röhre verursachte, bei angestelltem Versuche, eine sehr starke Explosion. Er glaubt, es ergebe sich aus den Versuchen im Finstern, dafs die Elektricität durch den luftleeren Raum frei hindurch gehe. Er überzog nun

auch den mittlern Theil der angeführten sogenannten luftleeren Röhre auf mancherlei Arten. Waren die drei Ueberzüge ohngefähr von einerlei Gröfse, und gleich weit von einander entfernt, so wurden alle Mal, so oft man den einen davon in der Hand hielt, die beiden andern jeder für sich allein geladen und entladen. Wenn man den Ueberzug des einen Endes in der Hand hielt, und die beiden andern ladete, so geschah von demjenigen, welcher am ersten entladen wurde, die stärkste Explosion. Waren diese beiden Ueberzüge dicht an einander gebracht, so wurden sie, wenn man den einen zu entladen versuchte, beiderseits entladen, und es zeigte sich zwischen denselben ein Lichtschein. In diesem Falle geschah die Explosion zuweilen drittehalb Zoll weit. Wenn er den mittelsten Ueberzug sehr grofs machte, und dicht an den obern brachte, so war die Explosion nur schwach, und es erfolgte alsdann von selbst eine Entladung an dem untern Ueberzuge. Wenn er den mittelsten Ueberzug hinweg nahm, so geschah es öfters, dafs, als er die Röhre ihrer ganzen Länge nach über dem ersten Leiter wegzog, und zwar so, dafs er bei dem obern Ueberzuge anfing, wenn er zum untern kam, woran er dieselbe hielt, ein Funken aus dem ganzen unüberzogenem Theile der Röhre heraus fuhr, wodurch sich die Elektricität dieses Theiles entladete, unterdessen der obere Ueberzug seine eigene Ladung noch behielt. Erfolgte dergleichen Entladung von selbst nicht, so konnte man die Explosion zwei Mal hervorbringen, ein Mal am unüberzogenen Glase, nahe am untern Ueberzuge, und das zweite Mal an dem obern Ueberzuge. Geschah die Entladung zuerst an dem obern Ueberzuge, so blieb für den untern Theil der Röhre sehr wenig über, und erfolgte die Explosion um die Mitte der Röhre, so wurde alles zusammen auf ein Mal, und zwar, wie sich *Priestley* ausdrückt, auf eine überaus angenehme Art entladen. — Lord *Mahon* fand (*Principes d'Electr. Exp.* 1, 2, 3, 4) dafs, wenn man das Elektrometer aus Korkkugelmak 1) in dem Recipienten der Luftpumpe oder selbst an der Decke dieses Recipienten aufhängt, und darauf elektrisirt, diese Kugeln sich abstofsen, dafs beim Auspumpen der Luft ihre Divergenz vermindert, und durch Elektrisiren des Glases des Recipienten nicht vermehrt wird, hingegen beim Wiedereinlassen der Luft wieder beträchtlich wird. Er schliefst selbst aus seinen Versuchen, dafs es sehr wahrscheinlich sei, dafs die Divergenz

1) *Canton* hat dasselbe im Jahre 1753 zuerst angegeben. Es besteht in zwei Korkkugeln von der Gröfse einer Erbse, die entweder an zweien Zwirnsfäden oder an einem in der Mitte umgebogenen Faden neben einander aufgehängt sind. Haben beide Kügelchen dieselbe Elektricität (sind sie gleichartig elektrisirt), so stofsen sie sich einander ab, haben sie hingegen entgegengesetzte, so ziehen sie sich einander an; man kann deshalb dieses einfache Instrument sehr nützlich zu der Entdeckung der Art der Elektricität brauchen.

in demselben Verhältnisse, als die Dichtigkeit der Luft vermindert wird. — *Cavallo* sagt (Vollständige Abhandl. der theoret. und praktisch. Lehre von der Elektric., a. d. Engl. 2te Auflage, p. 13), die Elektricität dringe durch den luftleeren Raum, der durch Hülfe der Luftpumpe gemacht werde, fast eben so frei, als durch die Materie eines guten Leiters. Derselbe führt (a. a. O., p. 166) folgenden, als von *Beccaria* zuerst angestellten, Versuch an: Wird mitten in den Teller der Luftpumpe ein kurzer Stab befestigt, an dem sich oben eine sehr glatt polirte metallene Kugel befindet, deren Durchmesser beinahe zwei Zoll beträgt, geht von der Spitze des Recipienten ein anderer Stab herunter, an dessen Ende sich eine ähnliche Kugel befindet, und der luftdicht in den Hals des Recipienten eingekittet ist, so, dafs beide Kugeln etwas weiter als vier Zoll von einander abstehen, wird alsdann die Luft aus dem Recipienten gezogen, und die obere Kugel positiv elektrisirt, indem man die aus dem Recipienten hervorstehende Spitze des obern Stabes mit dem ersten Leiter oder einer geriebenen Glasröhre verbindet, so zeigt sich diese Kugel mit einer leuchtenden Atmosphäre umgeben, die zwar ein schwaches Licht hat, sich aber demohngeachtet wohl abschneidet, und deutlich unterscheiden läfst. Die Kugel an dem untern Stabe aber zeigt nicht das geringste Licht. Die Atmosphäre umgiebt nicht die ganze obere Kugel, sondern reicht nur etwa von ihrer Mitte an, beinahe an die Gegend ihrer Oberfläche, die gegen die untere Kugel gekehrt ist. Wird der Stab mit der obern Kugel negativ elektrisirt, so sieht man eine leuchtende Atmosphäre von eben dieser Gestalt an der untern Kugel, die von ihrem Mittel bis nahe an diejenige Gegend reicht, die gegen die obere Kugel gekehrt ist; die obere negativ elektrisirte Kugel aber bleibt ganz ohne Licht. Der Versuchansteller mufs sich bei diesem Experimente hüten, die obere Kugel nicht gar zu stark zu elektrisiren; sonst wird die Elektricität aus einer Kugel in die andere mit einem Funken übergehen, und der Versuch nicht den angeführten Erfolg haben. 1) — *Karsten* führt (Gemeinnützige Kenntnifs der Natur, Halle 1783, p. 157 f.) an, in einem Raume, der sehr verdünnte Luft enthalte, zeige sich das elektrische Licht vorzüglich schön. Wenn man eine Glocke auf den Teller der Luftpumpe bringe, welche recht rein und trocken sei, und oben eine Oeffnung habe, durch die ein luftdicht eingekitteter starker Draht, der oben mit einem Knopfe und unten mit einer eben nicht scharf zugehenden

1) *Cavallo* meint, dafs dieses ein augenscheinlicher Beweis für die Theorie einer einzigen sich gleichförmigen und homogenen flüssigen Materie als Ursache der Elektricitätserscheinungen sei; denn, sagt er, wenn positive und negative elektrische Beschaffenheit aus zwei besondern Materien entspringen, die einander anziehen, so müfsten bei dem Versuche immer zwei Atmosphären, um jede Kugel eine, erscheinen. (!!)

Spitze versehen sei, gehe, und man nun auf den Drahtknopf elektrische Funken schlagen lasse, so gehe jeder Funken als ein dichter und starker Lichtklumpen aus der Spitze des Drahts durch den innern Raum der Glocke in den Teller der Luftpumpe über. — *Marat* liefert uns (in den physisch. Untersuchungen über Elektricität; Weigel's Uebersetz. p. 76 ff.) Folgendes: Schraubt man eine einen Zoll im Durchmesser haltende kupferne Kugel an das Ende eines durch einen Stöpsel in eine 8 Zoll hohe und 6 Zoll weite gläserne Glocke gehenden Eidendrahts an, und bringt das andere Ende an den Leiter, so mag man, wenn der Luft aller Durchgang verwehrt ist, so lange die Pumpe nicht geht, das Rad umgehen lassen, so viel man will, und die elektrische Flüssigkeit geht nur zum Theil und mit Gewalt hinein; auch nimmt man mehrere Büschel längst dem die Gemeinschaft unterhaltenden Drahte war; sobald man aber anfängt die Luft auszupumpen, so bildet sie unten an der Kugel einen kleinen Büschel, dessen Strahlen nach und nach dicker werden, und lang fortschiefsen; darauf erstrecken sie sich in einer krummen Linie gegen die Wände der Glocke bis zu der Saugröhre; dann nimmt ihre Zahl ab, sie fahren fort dicker zu werden, ihre Richtung wird nicht so krumm; endlich vereinigen sie sich wieder, und bilden von der Kugel bis zu der Röhre nur einige Ströme. Ist die Glocke nur drei Zoll weit, so werden die Erscheinungen ähnlich ausfallen, nur dafs sich die von der Kugel ausgehenden Ströme beinahe waagerecht bis zu den Wänden erstrecken, und senkrecht gegen dieselben stofsen werden: sind sie der Grundfläche auf 2 Zoll nahe gekommen, so gehen sie vorwärts gegen die Saugröhre zu, und in der Mitte unterscheidet sich oft ein geradelinichter Strom hinlänglich. Ist die Kugel sehr nahe an der Wölbung der Glocke befindlich, so wird man verschiedene Ströme dahin gehen sehen. Hat die Glocke die Gestalt einer Trompete, so werden die Ströme ihrem Umrisse folgen. Hat die Maschine aufgehört zu gehen, und man hält den die Gemeinschaft unterhaltenden Draht zwischen den Fingern, bis er aufhört elektrisirt zu sein, so wird man die Kugel Lichtstreifen ausfliessen sehen, sobald man die Pumpe wird gehen lassen, und, ist der Draht mit einer Spitze versehen, so wird man verschiedene Minuten hindurch einen leuchtenden Punkt gewahr werden. Läfst man einen Krug durch eine luftleere Glocke hindurch Funken schlagen, so sieht man die elektrische Flüssigkeit in der Mitte unter der Gestalt eines ununterbrochenen Strohmes herausfahren. Derselbe führt (a. a. O. p. 68) folgenden Versuch an: Bringt man unter die Glocke der Luftpumpe eine durch neue seidene Schnüre abgesonderte Walze, welche an ihren Enden mit Knöpfen versehen ist, und an welcher zwei dünne geblasene vergoldete Glaskügelchen von der Gröfse der gewöhnlich zu Elektrometern gebrauchte Korkkügelchen hängen, setzt diese Walze mit dem Leiter der Elektrisirmaschine durch einen Eisendraht in Ver-

bindung, und elektrisirt nun, nachdem man die Leere bewirkt hat, den Draht, so entfernen sich die Kugeln viel weniger von einander, als in freier Luft, und wenn die Leere eine gewisse Stufe erreicht hat, so werden sich die Kugeln 15 bis 20 Sekunden hindurch gar nicht von einander entfernen, wie stark man das Rad auch umdrehet. Ferner erzählt er (a. a. O. p. 294), wenn man das Ende eines Eisendrahts in eine Glocke gesteckt, und der Luft allen Durchgang von aussen verschlossen habe, und das andere Ende mit dem Leiter der Elektrisirmaschine in Verbindung stehe, so werde man in dem Maafse, wie man elektrisire nur einen sehr kleinen Büschel in der Glocke wahrnehmen, aber verschiedene längs dem Drahte, besonders an der Stelle, wo er hineingehe, sehen. (Der Versuch fordert ein verfinstertes Zimmer.) Ziehe man die Luft aus der Glocke heraus, so verschwinden diese nach und nach, und jener werde viel gröfser. Wenn das Ende des in die Glocke gesteckten Eisendrahts spitz sei, so werde man den durch das Elektrisiren an dem Eisendrahte hervorgekommenen Büschel vom ersten Stempelzuge allmählig abnehmen, und zuletzt gleichsam in einen Punkt ausgehen sehen. Treibe man die Ausleerung alsdann noch weiter, so werde dieser immer kleiner gewordene Punkt endlich einem ziemlich beträchtlichen Strome Platz machen, welcher sich sogar in einem sechs Mal gröfsern Abstande nach der Saugröhre hinbegeben werde, als in welchem er sich in voller Luft dahin begab. Seinen Versuchen zu Folge giebt eine geladene und darauf an einer seidenen Schnur unter einer geräumigen Glocke aufgehangene Leidner Flasche allezeit, so wie man eine Luftleere bewirkt, von selbst einen Schlag. Endlich giebt uns Herr *Marat* (a. a. O. p. 390) noch folgenden hieher gehörigen Versuch: Hat man zwei Korkkügelchen an Zwirnsfäden mitten in einer sechs Zolle hohen, sechs Zolle weiten und zwei Linien dicken Glasglocke aufgehangen, und bewirkt dann eine so starke Leere, dafs das Quecksilber bis auf einen Zoll über seinen Wasserpafs fällt, so werden dieselben, wenn man den Hacken der geladenen Flasche der einen Seite nähert, schwach erschüttert werden, und nach der Seite hinstreben, ohne sich indessen von einander zu trennen. Läfst man die Luft aber wieder hinein gehen, so werden sie bei der Annäherung des Hackens gegen die Wände der Glocke fliegen, und an denselben hängen bleiben. *Donndorff* führt an (Lehre von der Elektricität B. II. p. 737.) die Elektricität äufsere sich im luftleeren Raume nur durch blofses Leuchten, und es werden in demselben nie zündende Funken hervorgebracht; je dünner die Luft sei, desto mehr erscheine in ihr die elektrische Materie leuchtend. — *Morgan* zog Funken aus einem sehr dichten Leiter, der mitten durch einen luftleeren Raum von 1 Zoll Länge und 3/8 Zoll in der Dicke ging. Das Quecksilber des in den Vacuum angebrachten Thermometers stieg in weniger als einer Minute

um

um 2 Grade, und er konnte nicht bemerken, daſs das Thermometer sich schneller erhoben hätte, wenn er den Funken mitten durch die gemeine Luft gehen lieſs. (Lichtenbergs Magaz. für das Neueste aus der Physik, zweite Auflage, B. I. St. 3. p. 24.) Auch führt derselbe an, (a. a. O. B. IV, St. 1. p. 152.) sehr verdünnte Luft werde wieder leitend, da bekanntlich die von gewöhnlicher Dichtigkeit nicht dazu geschickt sei. Ferner bemerkt er (*Philos. Transact.* Vol. LXXV, P. I; Leipziger Samml. zur Physik und Naturgeschichte B. IV, St. 2. p. 211.) um sich zu überzeugen, daſs die Schwäche des elektrischen Lichtes im luftleeren Raume dem vermehrten Umfange des Mediums wodurch es gehe, zuzuschreiben sei, dürfe man nur zwei zugespitzte Dräthe in den luftleeren Raume bringen, so, daſs die elektrische Materie von dem einen in den andern übergehen könne, vorausgesetzt, daſs der Abstand beider von einander nicht über 1/10 Zoll betrage. Hier werde man den Glanz des elektrischen Lichts eben so stark als in freier Luft finden. In den 36 Zoll langen luftleeren Raum einer Torricellischen Röhre brachte er so viel Luft als nöthig gewesen wäre, zwei Zoll von der Röhre zu füllen, wenn dieselbe über Wasser gestanden hätte. Die Quantität Luft sagt er, war hinreichend, die elektrische Materie indem sie durch die Röhre ging, in einen 38 Zoll langen Funken zu verdichten (*to condense the fluid, as it pagsed throun the tube isto a spark* 38 *inches in length*). Läſst man den Funken durch den luftleeren Raum der Toricellischen Röhre, deren Quecksilber man nicht gekocht hat, durchschlagen, so zeigt sich der Strahlenbüschel nach Morgan indig blau — *Cuthberson* machte (Leipziger Sammlung zur Physik, B. IV. St. 1. p. 212.) folgenden Versuch: an das eine Ende einer ohngefähr zwei Zoll weiten, und 1/22 Fuſs langen Glasröhre war ein messingener Deckel und eine Lederbüchse angebracht, durch welche ein Drath ging, der ohngefähr 2 Zoll in der Röhre hervorragte; die Röhre war durch diesen Draht mit dem ersten Leiter einer sehr wirksamen Elektrisirmaschine verbunden; ihr anderes Ende war abgeschliffen, und wurde nachdem vorher die Ränder mit Schweinsfett bestrichen waren, auf den Teller der Cuthbersonschen Pumpe 1) gestellt. Die Röhre ward sodann ausgepumpt und unterdessen verschiedene Male elektrisirt: zuerst erschienen schnell verschwindende Flammen, dann Lichtstreifen, bis die angebrachten Barometerproben eine ohngefähr dreihundertfache Verdünnung anzeigten; alsdann wurde das Licht unveränderlich und gleichförmig, von einer bleichen Farbe, doch nicht ohne etwas ins Röthliche und Purpurfarbene zu fallen; als die Luft 600 Mal verdünnt war, erhielt das Licht eine bleiche dunkle weiſse Farbe, und wie die Verdünnung bis auf 1200 Mal gestiegen war, verschwand das Licht in dem

1) S. B. II. p. 260. f. die Beschreibung derselben.

mittlern Theile der Röhre, und war nur an den beiden Enden sichtbar. In diesem Zustand leitete die Röhre so gut, dafs der erste Leiter, mit welchem sie Gemeinschaft hatte, nur sehr kurze kaum sichtbare Funken geben konnte. Diese Erscheinungen bewogen Herrn *Cuthberson* den Versuch zu wiederholen, um die leitende Kraft der Röhre bei verschiedenen Graden der Verdünnung zu untersuchen. Nachdem die Röhre abgenommen, und so trocken als möglich gemacht war, wurde sie wieder auf den Teller gesetzt, und wie vorhin mit dem ersten Leiter einer Elektrisirmaschine, der zwei Zoll lange Funken gab, verbunden. Die Röhre wurde alsdann ausgepumpt, bis die Luft ohngefähr zehn Mal verdünnt war; die Funken von dem Leiter hatten dann noch eben die Länge, doch sah man manches Mal einen ohngefähr drei Zoll langen Lichtbüschel von dem Ende des Drahtes in die Röhre abfahren. Wie die Verdünnung auf 20 Mal gestiegen war, waren die Funken von dem Leiter nicht über einen Zoll lang, und das elektrische Licht erschien in getheilten Strömen durch die ganze Länge der Röhre. Nachdem die Luft 30 Mal verdünnt war, gab der erste Leiter nur einen halben Zoll lange Funken, und das Licht sah man in breiten Strömen von einer ins Röthliche fallenden Purpurfarbe von einem Ende der Röhre bis zum andern fahren. Als die Verdünnung bis auf das Hundertfache getrieben war, waren die Funken von dem ersten Leiter nicht länger als 1/8 Zoll, und das elektrische Licht sah man in einer ungetheilten Masse durch die ganze Länge der Röhre von derselben Farbe als vorher, doch weit matter. Nachdem die Luft 300 Mal verdünnt war, waren die Erscheinungen noch dieselben, sowohl in Rücksicht der Funken von dem Leiter als des Lichts in der Röhre. Als die Luft 600 Mal verdünnt war, gab der erste Leiter 1/10 Zoll lange Funken, und das Licht war von einer matten weifsen Farbe in dem mittlern Theile der Röhre aber Röthlicht an den Enden derselben. Nachdem die Verdünnung der Luft bis auf 1200 Mal gestiegen war, war das Licht in dem mittlern Theile der Röhre kaum zu bemerken, und an den Enden war es matter als vorhin, doch fiel es noch ins Röthlichte. Endlich war die Verdünnung bis auf den höchsten Grad, dessen die Pumpe damals fähig war, und welche ohngefähr 1400 Mal betrug, getrieben. Hiebei zeigte sich ein ohngefähr 6 Zoll langer Raum in dem mittlern Theile der Röhre ganz ohne Licht, allein an den beiden Enden hatte das Licht eine matte weifse Farbe, ohne etwas ins Röthliche zu fallen, und die Funken des ersten Leiters waren etwa 1/10 Zoll lang. Ein Stück weifses Kalbleder von ohngefähr einem Quadratzoll wurde auf dem Teller der Luftpumpe gelegt, dann die Röhre darunter gestellt, und wie vorher mit der Elektrisirmaschine verbunden. Die Röhre wurde ausgepumpt und unterdessen elektrisirt, wie in dem vorigen Versuche; die Erscheinungen waren im Ganzen die vorigen, bis die Luft ohngefähr 100 Mal verdünnt

war; jetzt fing das Licht an in den mittlern Theile der Röhre zu verschwinden, und wie die Verdünnung bis auf 250 Mal gestiegen war, der höchste Grad der damals erreicht werden konnte, verschwand das Licht ganz durch die ganze Länge der Röhre, doch oben an dem Ende des Drathes, und unten über dem Teller der Luftpumpe zeigte sich ein kleines weifses Licht ohngefähr 3/8 Zoll im Durchmesser; die Funken von dem Leiter waren kaum zu bemerken. Wenn in diesem und dem vorigen Versuche die Funken von dem ersten Leiter durch die Röhre getrieben wurden, zeigte sich das Licht durch die ganze Länge des Glases, doch war es in diesem Versuche weit matter als in dem vorhergehenden. — *Voigt* (neue Theorie des Feuers p. p. 339.) sagt, das elektrische Licht in verdünnter Luft sei ganz sanft und leckend, da das in dichter so heftig peitschend sei. Indessen scheine auch hier das männliche (positive) im Henlyschen luftleeren Conductor, oder bei Voigts elektrischem Dianenbaume immer noch dendritisch, da das weibliche (negative) wie ein ganz fein gekräuseltes und stark gepudertes Haar, oder wie eine lichte Nebelwolke sich zeige. — *Halle* bemerkt (Fortgesetzte Magie, B. I. p. 523.) das elektrische Licht zeige sich in einem verdünnten Luftraume vorzüglich schön und blendend; je dünner die Luft sei, desto mehr phosphorisches Licht funkele die Elektricität aus, (a. a. O. B. III. p. 32); so erblicke man weifse glänzende bewegliche Lichtstrahlen in der luftleeren Glocke der Luftpumpe, welche vergehen und wieder erscheinen. *Gardini* sagt (Ueber die Natur des elektrischen Feuers, aus dem Lateinisch. von Geifsler, p. 227.) das elektrische Feuer werde vermittelst der Luftverdünnung leicht zerstreut, und alsdann zurück gehalten so bald die Luft nach Verhältnifs ihrer Menge wieder dichter werde. — *Van Swinden* behauptet (*Recueil de Memoires couronnés par l' Academie de Bavière, T. I, à la Haye* 1785. *p.* 327.) man könne aus den bis dahin gemachten Versuchen schliessen: 1) dafs die Phänomene der elektrischen Anziehung Statt finden, man möge den anziehenden Körper oder die anzuziehenden Körperchen in den luftleeren Raum bringen, aber dafs es nicht gewifs sein, ob diese letzte Anziehung von dem elektrisirten Körper komme, dafs hingegen viel Wahrscheinlichkeit für die Meinung da sei, dafs sie von der dem Recipienten mitgetheilten Elektricität herrühre; 2) dafs die idioelektrischen Körper durch Reiben weniger Elektricität im luftleeren Raume als in der Luft erhalten, ja dafs einige vielleicht im erstern Medium nur eine sehr schwache oder gar keine erhalten; 3) dafs die Körper welche im luftleeren Raume durch Communication Elektricität erhalten, zuweilen kein Phänomen der Anziehung darbieten; welches aber von der Art, wie man den Versuche anstelle, abhänge. — *Kries* erzählt (in sein. Zusätzen zu sein. Uebersetzung v. Eulers Briefen, B. II. p. 247.), die verdünnte Luft, sei ein guter Elektricitätsleiter. Wenn man aus einer gläsernen drei bis

vier Fuſs langen Röhre, von etwa anderthalb Zoll im Durchmesser, die an dem einen Ende durch einen messingenen Deckel luftdicht verschlossen, und an dem andern in eine messingene Büchse mit einer kleinen Röhre und einem Hahn eingekittet sei, damit sie auf eine Luftpumpe geschroben werden könne, die Luft so rein als möglich herauspumpe, den Hahn verschlieſse, und alsdann die elektrischen Funken auf den obern Deckel schlagen lasse, in dem man die Röhre an dem andern Ende in der Hand halte, so werde man fühlen, daſs die Funken durch die Röhre in die Hand übergehn. Wenn man diesen Versuch im Dunkeln anstelle, so werde das Auge zugleich von einer sehr angenehmen Erscheinung überrascht; so oft nemlich ein Funken durchströme, werde die ganze Röhre inwendig erleuchtet scheinen. — *Gren* führt (Grundriſs der Naturlehre, Halle 1793. p. 705.) an, die Elektricität lasse sich auch im luftleeren Raume erregen, und eine kleine Elektrisirmaschine unter der Glocke der Luftpumpe angebracht, liefere elektrische Erscheinungen. Die verdünnte Luft isolire aber nicht mehr, sondern leite sehr stark, und das elektrische Licht breite sich darin ungemein weit aus, und gebe im Dunkel einen sehr hellen Glanz. Wenn man daher eine gläserne, von Luft leer gepumpte Kugel zum Reiber der Maschine nehme, so erscheine sie im Dunkeln ganz mit Licht erfüllt. Wenn man eine gläserne Glocke, die oben mit einem Knopf versehen sei, welcher mit mehrern Spitzen in die Glocke hinabsteige auf einen beweglichen Teller der Luftpumpe luftdicht aufkitte, dann die Luft darin verdünne, und einen Funken in den Knopf der Glocke schlagen lasse, so breite sich das elektrische Licht in dem ganzen Raume der Glocke aus. Dieses elektrische Licht zeige sich auch, wenn man die Wand der Glocke an den Knopf des elektrisirten Conductors der Maschine halte, und zwar entstehen anfangs helle Blitze, bis zuletzt alles mit Licht erfüllt sei. — *Ritter* führt (Voigts Magaz. f. d. neuest. Zustand der Naturk. B. II. p. 506.) an, verdünnte Luft isolire die Elektricität weniger, als die Atmosphäre bei dem gewöhnlichen Grade ihrer Dichtigkeit. — *Volta* nennt (Voigts Magaz. f. d. neuest. Zustand der Naturk. B. IV. p. 254.) die verdünnte Luft einen vortrefflichen Elektricitätsleiter 1). Herr *Robertson* konnte bei seiner Luftfahrt in einer Höhe, wo das Barometer nur auf 12,″ 04 stand, dem Glas und Siegellack durch Reiben keine solche Elektricität geben, daſs sie andern Körpern konnte mitgetheilt werden. Auch war auf keine Weise in dieser Höhe weder durch das atmosphärische Elektrometer allein, noch bei Zuziehung des Condensators 1), die mindeste Elektricität hervorzu bringen. (Pfaffs neueste Entdeckungen französischer Gelehrten, Octb. 1803.

1) Herr *de Luc* glaubt, und gewiſs mit der gröſsten Wahrscheinlichkeit, daſs der Grund, warum die verdünnte Luft leite in den damit vereinigten Wasserdünsten liege (Vergl. B. II. p. 280.)

Gilberts Annalen der Physik, B. XVI, St. 3. p. 276. Voigts Magaz. für den neuest. Zust. der Naturk. B. VI, St. 3. p. 218.) — *Van Marum* untersuchte die Wärmeproduktion der Elektricität in verdünnter Luft, mit der grofsen Teylerischen Elektrisirmaschine. Er beobachtete, dafs das Quecksilber des in der verdünnten Luft angebrachten Thermometers unter gleichen Umständen höher stieg, als in der nicht verdünnten Luft. Er sah es bis 120° steigen, da er dasselbe Thermometer nie über 100 Grad steigen sah, wenn er es in die elektrischen Ströme hielt, welche durch die nicht verdünnte Luft gingen. Als er hernach seine Vorrichtungen noch so einrichtete, dafs die elektrischen Ströme die Thermometerkugel unmittelbarer trafen, so wurde diese noch mehr erwärmt, als vorher. Das Thermometer, welches nach einer Sekundenuhr beobachtet wurde, zeigte im Anfange des Versuchs 45°, und stieg

in	1	Minute	bis	auf	80	Grad
—	2	—	—	—	96	—
—	3	—	—	—	112	—
—	4	—	—	—	118	—
—	5	—	—	—	122	—
—	6	—	—	—	126	—
—	7	—	—	—	130	—
—	8	—	—	—	134	—
—	9	—	—	—	138	—
—	10	—	—	—	141½	—
—	11	—	—	—	145	—
—	12	—	—	—	147½	—
—	13	—	—	—	149½	—
—	14	—	—	—	151	—
—	15	—	—	—	151½	—
—	16	—	—	—	152½	— 2)

(Grens neues Journal der Physik, B. III. p. 6 bis 7.)

b) Elektricität in verdichteter atmosphärischer Luft. — *Du Fay* versuchte das Verhalten der Elektricität in verdichteter Luft. Er bediente sich da

1) Bei Pfaff heifst es, „Robertson bediente sich eines Goldblattelektrometers, und des gewöhnlichen Voltaischen Condensators, aus 2 Metallplatten von 6 Zoll Durchmesser, deren eine überfirnifst war. Die obere Platte trug einen metallischen pendelartigen Faden, (wahrscheinlich stand im Franz. fil métallique pendule, einen herabhängenden Metalldraht) von 40 Fufs Länge. Indem Robertson den Apparat zurückzog, nahm er mit einem Isolirstabe den Faden schnell hinweg. Der Condensator communicirte mit dem Elektrometer.

2) Er glaubt hieraus schliefsen zu können, dafs die Thermometer zum Steigen bringende Wärme durchaus der Zersetzung der atmosphärischen Luft nicht zuzuschreiben sein könne, weil es eine Absurdität sei, anzunehmen, dafs mehr Wärmestoff aus der verdünnten

bei folgender Vorrichtung: Eine 5 oder 6 Zoll lange, eine halbe Linie oder ohngefähr so viel im Lichten haltende, an einem Ende offene, am andern Ende verschlossene Röhre wird von einer kleinen Kupfereinfassung gehalten, die in Zolle und Linien eingetheilt ist, und worin sie mit einiger Gewalt verschoben werden kann, so dafs man das eine ihrer Enden auf eine beliebige Abtheilung bringen kann, und sie daselbst bleibt. Die Kupferumgebung ist der ganzen Länge nach gespalten, so, dafs man die Röhre von einem Ende zum andern durch diese Spalte sehen kann. Ist alles so eingerichtet, so läfst man in die Röhre einen Quecksilbertropfen steigen, und bringt ihn mit einem eisernen Drathe einer der Eintheilungen der Umgebungen gegenüber; da man die Röhre in der Umgebung, und den Quecksilbertropfen in der Röhre bewegen kann, so richtet man alles so ein, dafs die zwischen dem verschlossenen Ende der Röhre und der innern Oberfläche des Quecksilbertropfens befindliche Luft einer bestimmten Anzahl von Linien auf der Einfassung entspreche. Nach diesen Vorbereitungen bringt man die kleine Röhre in die gröfsere einer Druckpumpe. Wird die Luft in der

Luft frei werden könne, als aus der nicht verdünnten. Aber folgt denn daraus, dafs Jemand behauptet, die Wärme werde durch Fixirung des Sauerstoffgas offenbar, zugleich dafs dieser annimmt, die Totalmasse der elektrisirten Luft werde zersetzt, und folgt dieses nicht, so ist es eben nicht absurd anzunehmen, in gleicher Zeit könne durch Elektrisiren der verdünnten Luft mehr Wärme als durch das der dichtern ausgeschieden werden. Denn finden wir nicht fast immer, dafs mischende Verbindungen durch Zertheilung befördert werden; könnte also der hier zum Sauerstoff Affinität äufsernde Körper diesen nicht leichter aus der dünneren als dichteren Luft abscheiden. Dann ist ferner noch sehr die Frage, ob bei Absorbtion des Sauerstoffgas aus gleichen Quantitäten (dem Gewichte nach) verdünnter und verdichteter Luft aus ersterer nicht mehr Wärme ausgeschieden werde, als aus letzterer. Beim Verdünnen der Luft unter der Glocke fällt das Thermometer; es wird also Wärme absorbirt; beim Verdichten derselben steigt es. Mehr Gewicht möchten die Gründe des Herrn *van Marum* haben, die er aus den Beobachtungen entlehnt, dafs in verdünnten Sauerstoffgas, und verdünnten Stickgas das Steigen des Thermometers nicht minder beträchtlich bei gleicher Behandlung, als in verdünnter Luft gewesen sei; da bekanntlich beide einzelnen Gasarten durch die Elektricität nicht zersetzt würden, wenn man dieses letztere so unbedingt zugeben könnte. Herr van Marum bemerkte selbst bei seinen Versuchen mit Sauerstoffgas, dafs es über Wasser um 1/20 über Quecksilber um 1/5 vermindert wurde. (Siehe B. I. p. 107 u. 108.) Freilich war das Rückständige noch reines Gas, aber das was aus dem Elastischflüssigen in ein völlig Starres übergegangen war, ist doch wohl zersetzt zu nennen. Der mit dem Quecksilber in Verbindung gegangene Sauerstoff mufste beim Festwerden eine Wärmeportion entlassen, also konnte Steigen des Thermometers bewirkt werden. Unstreitig aber spricht für Hrn. v. Marum der Versuch im Stickgas sehr. Wie aber wurde das Stickgas bereitet? Wie geprüft? Wie sehr schwer fällt es, ein reines Stickgas zu bereiten! *v. S. Ph.*

Pumpenröhre verdichtet, so drückt sie den Quecksilbertropfen in der kleinen Glasröhre so lange hinunter, bis die unter dem Tropfen enthaltene Luft eben so dicht ist, als die Luft der Pumpenröhre; da nun dieser Verdichtungsgrad durch die Anzahl der Linien leicht zu erkennen ist, um die das Quecksilber fällt, so kann man auch die Verdichtung in der grofsen Röhre leicht beobachten. Gegen den Einwurf, den man ihn machen könnte, dafs doch das Quecksilber immer um etwas die Luft in der kleinen Röhre zusammen drücke, und auf diese Weise diese Luft nicht genau dieselbe Ausdehnung habe, als die äussere Luft, bemerkt er, dafs wenn die Luft bis zu einem gewissen Grade erst zusammen gedrückt sei, der Irrthum, den das Gewicht des Quecksilbers veranlassen könnte, zu gering sei, als dafs er einige Aufmerksamkeit verdienen sollte, überdem könne man ihn, wenn man ja so scrupulös seyn wolle, durch Rechnung ausgleichen, oder selbst ganz vermeiden, wenn man der kleinen Röhre eine horizontale Lage geben wolle. Mit diesem kleinen Instrumente, den er den Nahmen Elaterometer beilegt, machte er folgende Versuche. Als bei schönen Wetter die Röhre sehr elektrisch war, so dafs sie in der Entfernung von 33 Zoll einen ziemlich dicken frei aufgehangenen Faden anzog, brachte er mit der Pumpe Luft in die Röhre, so dafs der Raum zwischen den untersten Theile der kleinen Röhre und der innern Oberfläche des Quecksilbertropfens, der bei der gewöhnlichen Dichte der Luft 54 Linien betrug, auf 18 Linien reducirt wurde; es war demnach die Luft drei Mal dichter als in ihren gewöhnlichen Zustande. Die Röhre wurde nun durch den Hahn verschlossen; nach dem Reiben zog sie den Faden kaum in einer Distanz von 3 Zoll an. *Du Fay* sagt, es habe ihn dies Phänomen nicht in Erstaunen gesetzt, weil wie es ihm geschienen habe, dasselbe sehr deutlich von einem fetten Dampfe, den die Luft indem sie durch die Pumpe gegangen sei, mitgenommen, und an die innern Wände der Röhre gesetzt habe, hergerührt; als er sie indessen andauernd einige Zeit rieb, erhielt sie wieder genug Elektricität, um den Faden in einer Distanz von 20 Zollen anziehen zu können, welches geschah, nachdem der gedachte Dampf zerstreut, und in den obern Theil der Röhre gestiegen war. Als *Du Fay* nachher den Hahn geöffnet, die Luft hinausgelassen, und die Röhre von Neuem gerieben hatte, wurde sie wieder eben so elektrisch als vorher. Bei Wiederholung des Versuchs, und Zusammendrückung der Luft in demselben Grade, zeigten sich genau dieselben Phänomen, als das erste Mal. Als einige Stunden nachher der Versuch wiederholt wurde, war der Erfolg beinahe wiederum derselbe. Das vierte Mal drückte er die Luft ein wenig mehr zusammen, so dafs der Quecksilbertropfen um 39 Linien fiel, d. h., dafs die Luft die in ihrem Zustand der Freiheit 54 Linien einnahm, und in den vorigen Versuchen nur 18 ausfüllte, in diesem auf 15 reducirte, und so ohngefähr der höchtse Ver-

dichtungsgrad den seine Pumpe bewirken konnte, erreicht war. In diesen Zustande rieb er die Röhre, und sie zog nur sehr schwach den Faden in einer Distanz von 3 Zoll an. Jetzt öffnete er den Hahn, und liefs Luft hinaus, ehe noch der innere Nebel verschwunden, und die Röhre wieder elektrisch gemacht war, wie man es in den ersten Versuchen gethan hatte. Er wollte versuchen ob sie hiedurch den Faden in einer weitern Entfernung anziehe, ohne wieder von Neuem gerieben zu sein; aber dieses geschah nicht, und ihre elektrische Eigenschaft blieb auf demselben Grade der Intensität; wurde sie nachher einige Augenblicke gerieben, so wurde sie aber wieder so elektrisch als sie jemals gewesen war. Weil beim Durchgange der Luft durch die geölte Pumpe die Luft mit einem fetten Dunste angeschwängert wurde, welcher der Elektricität nachtheilig zu sein schien, und, hätte man dem Fette Wasser substituiren wollen, die Luft mit Wasserdunst angefüllt sein würde, welcher wenigstens eben so viel geschadet hätte, so war *du Fay* auf andere Mittel bedacht, die Compression der Luft in der Röhre zu bewirken, ohne Feuchtigkeit oder fette Dämpfe hineinzubringen. Er liefs sich eine hohle kupferne, ohngefähr zehn Zoll im Durchmesser haltende Kugel verfertigen, an welche eine Röhre von drei Fufs Länge angelöthet war; die Löthung war sehr genau mit starkem Lothe gemacht, und er bediente sich dieser Kugel als einer Aeolipile um Luft in die Röhre zu bringen, und in derselben zu verdichten. Zu dieser Absicht hatte das gekrümmte Ende der Kupferröhre eine Schraube, die in den Hahn der Glasröhre pafste, und es war deshalb das Ende der Kupferröhre gekrümmt, damit man die Bequemlichkeit habe, die Kupferkugel erhitzen, und die Glasröhre in einer vertikalen Lage erhalten zu können, während die Kupferröhre horizontal und auf diese Art leicht durch Hülfe des gedachten kleinen Elaterometers der Grad der Verdichtung zu erfahren war. Er wollte nun alle mögliche Vorsicht anwenden, um alle Feuchtigkeit von der aus der Kugel in die Röhre übergehenden Luft abzuhalten. Zu diesem Zwecke erhitzte er sie erst sehr stark, ohne die Glasröhre daran zu bringen, und als er auf diese Weise so viel Luft als möglich hinausgeschafft hatte, nahm er sie aus dem Feuer, um sie erkalten zu lassen. Um aber nur einer sehr trockenen Luft den Eingang zu verstatten, legte er das gekrümmte Ende der Kupferröhre sehr nahe ans Feuer, bis die Kugel ganz wieder kalt war. Als sie auf diese Art mit aller Luft die sie im natürlichen Zustande enthalten konnte (!) gefüllt war, wurde die Kupferröhre bis zu dem Augenblicke, da der Versuch angestellt wurde, genau verschlossen. Darauf öffnete er diese Röhre, und brachte das mit seinem Hahne und Elasticitätsmesser versehene Glasrohr an und nachdem die Kugel aufs Feuer gebracht war, wurde die Luft in der Glasröhre bis zu dem Grade, da das Quecksilber um 27 Linien gefallen war, d. i. genau um das Doppelte ihrer Dichtigkeit im natürlichen Zustande zusammengedrückt; jetzt wurde der Hahn

ver

verschlossen, und die Glasröhre von der Kugelröhre losgemacht; dann wurde die Glasröhre wie gewöhnlich gerieben; und selbst längere Zeit hindurch, als es gewöhnlich zu geschehen pflegte; es entstand indessen nur eine sehr mittelmäfsige Elektricität; das Reiben wurde fortgesetzt, aber immer blieb ihre elektrische Kraft sehr schwach; hernach wurde der Hahn geöffnet, um die in der Röhre enthaltene Luft hinaus gehen zu lassen. Wurde der Cylinder hierauf einige Augenblicke gerieben, so erhielt er seine gewöhnliche Elektricität wieder; derselbe Versuch wurde drei Mal hinter einander wiederholt, und immer zeigte sich dasselbe Resultat. Als er die Phänomene im Dunkeln untersuchen wollte, und die Luft deshalb um das doppelte ihrer natürlichen Dichtigkeit gebracht war, mogte er reiben, so viel er wollte, er konnte nicht das geringste Licht bemerken, und es erschien kein Funken, als er Finger oder Gesicht der Röhre näherte; sobald aber die verdichtete Luft hinaus gelassen war, wurde die Röhre bei dem geringsten Reiben lichtvoll, und alle andere die Elektricität begleitenden Phänomene erschienen wie gewöhnlich, (*Mém. de Mathem. et de Phys. de l'Acad. Paris an.* 1734, *p.* 355 *sq.*; Priestley's Gesch. der Elektricität, p. 33.) Der Abt *Nollet* (*Recherches* p. 258), der bei den meisten du Fay'schen Versuchen zugegen gewesen war, glaubt, dafs der angewandten Vorsicht ohngeachtet, der Grund, warum sich die mit verdickter Luft angefüllte Röhre nicht elektrisch machen lasse, doch nur an der Feuchtigkeit, die in der Luft immer vorhanden sei, liege, indem die feuchten Theilchen durch Verdicken näher an einander gebracht werden, und deshalb mehr schaden müfsten. Diesen Einwurf glaubt Herr *Boulanger* (*Traité de la cause et des phénomenes de l'Electricité, à Paris* 1750, 8. *p.* 132) zu entkräften, wenn er sagt, dafs, wenn man ein Gläschen Wasser in eine Röhre ausgiesse, und das Wasser darauf wieder hinaus thue, dieses die Geschicklichkeit des Glases, sich elektrisch machen zu lassen, bei weitem nicht so sehr aufhebe, wie die verdickte Luft. — Auch *Priestley* (a. Gesch. der Elektr. p. 384 ff.) stellte im Monat Januar bei trocknem und Frostwetter Versuche über das Verhalten der Elektricität in verdichteter Luft an. Er gebrauchte dazu eine Glasröhre, wie man sie sonst gewöhnlich zum Elektrisiren anwandte, welche ohngefähr drittehalb Fufs lang, und von einem Zolle im Durchmesser war. Sie war an dem einen Ende verschlossen, und vermittelst eines messingenen Beschlages an dem andern brachte er eine die Luft verdichtende Maschine daselbst an. Als die Luft recht trocken, und zu Anstellung der elektrischen Experimente von der besten Beschaffenheit war, fing er an, mehr Luft hinein zu bringen. Bei jedem Niederdrücken des Pumpenstoks suchte er die Röhre elektrisch zu machen; er fand aber ihre Kraft vermindert. Er mufste dieselbe näher, als zuvor bringen, wenn sie leichte Körper anziehen sollte; und sie gab weniger Luft von sich,

als er sie im Finstern rieb, bis er, so viel er es schätzen könnte, die Dichte der Luft in der Röhre verdoppelt hatte, da denn ihre Kraft noch kaum zu bemerken war. Als er die Luft allmählig hinaus liefs, bemerkte er, dafs die Röhre ihre Kraft nach und nach wieder bekam. Sie zog leichte Körper nun in einer gröfsern Entfernung an; sie liefs ein stärkeres Geknister hören, und gab mehr Licht im Finstern von sich; und als die Luft wieder zu ihrer gewöhnlichen Dichte in der Röhre gekommen war, befand sich ihre Kraft wieder auf eben dem Grade, als vorher, ehe er die Luft comprimirt hatte. Diesen Versuch stellte er verschiedene Male mit gleichem Erfolge an. Bei Wiederholung der Versuche bemerkte er, dafs die Röhre nach sehr starkem Reiben ein wenig zu wirken anfing, und dafs ihre Kraft durch das Reiben zunahm. Nachdem er einst die Luft in der Röhre verdichtet, und gefunden hatte, dafs die Erregung der Elektricität in derselben wie gewöhnlich unmöglich war, liefs er die Luft plötzlich hinaus, um zu sehen, ob die Röhre alsdann einige Wirkung des vorhergegangenen Reibens äufsern würde; sie hatte aber nicht den geringsten Grad von Elektricität erhalten, obgleich unmittelbar nachher der erste Zug des Reibzeugs verursachte, dafs Funken nach dem Finger, der zwei oder drei Zoll davon gehalten wurde, fuhren. Als er diesen Versuch noch ein Mal, besonders in der Absicht zu erfahren, wie hiebei die etwa in der Luft befindliche Feuchtigkeit mitwirke, wiederholte, bemerkte er, dafs nicht der geringste Schein von Wolke, welche sich an dem Glase angesetzt hätte, zu der Zeit, da die Erregung der Elektricität in demselben schlechterdings unmöglich fiel, wahrzunehmen war. Als er eine Röhre von ohngefähr 3/4 Zoll im Durchmesser, die ohngefähr 8 Zoll hoch überzogen wurde, in einer Compressionsmaschine, die eine Luft von ohngefähr einer doppelten Dichte enthielt, ladete, so nahm sie eine weit stärkere Ladung an, als man ihr in freier Luft hätte beibringen können; und zwar war dieselbe, so viel er aus dem Laute und dem Lichtglanze urtheilen konnte, zwei Mal so stark. Zuletzt zerberstete die Röhre nach einer von selbst erfolgten Entladung, nachdem sie drei bis vier Mal in der verdichteten Luft geladen und entladen worden war. Er fügt hinzu, es sei gar nicht wahrscheinlich, dafs diese Röhre durch irgend eine Ladung, welche man ihr in freier Luft hätte beibringen können, geborsten wäre.

Wirkung der Elektricität auf die Mischung der Luft. — Dr. *Joseph Priestley* stellte zuerst Versuche über die Mischungsveränderung, die etwa die atmosphärische Luft bei Einwirkung der Elektricität erleiden mögte, mit folgender Vorrichtung an: Wenn er den elektrischen Funken auf irgend eine Luftgattung, von der er aber immer sehr wenig nahm, damit er mit einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine in kurzer Zeit eine merkliche Wirkung hervorbringen könnte, schlagen lassen wollte, so steckte er ein Stück Draht in

das Ende einer kleinen Röhre, und befestigte ihn mit warmem Kitt; liefs hierauf vermittelst einer pafslichen Geräthschaft so viel Luft, als ihn nöthig dünkte, in die Röhre übergehen, und setzte sie mit ihrem untersten Theile in ein Bekken, das Quecksilber, oder jeden andern flüssigen Körper, den er wählte, die Luft zu sperren, enthielt. Darauf nahm er mit der Luftpumpe so viel Luft hinweg, als er für gut hielt, liefs das Quecksilber wieder bis zu $\frac{2}{3}$ der Röhre hinaufsteigen, steckte eine messingene Kugel, auf die er Funken schlagen konnte, auf das Ende des Drahtes, und leitete auf diese Art dieselben durch die Luft bis auf den in der Röhre enthaltenen flüssigen Körper. Als er auf die angeführte Weise mit der atmosphärischen verfuhr, fand er, dafs dieselbe dadurch vermindert und phlogistisirt wurde. Als er einst auf diese Art die Luft in einer $\frac{1}{10}$ eines Zolles im Durchmesser betragenden gläsernen Röhre durch Wasser, das er mit Lackmus oder mit Orseille blau oder vielmehr purpur gefärbt hatte, sperrte, und ohngefähr eine Minute lang elektrische Funken zwischen den Draht und das gefärbte Wasser schlagen liefs; so fing der obere Theil dieses Wassers an roth durchzuscheinen, und in 2 Minuten darauf hatte er sich vollkommen gefärbt. Der rothe Theil, der ohngefähr $\frac{1}{4}$ Zoll betrug, vermischte sich nicht ganz mit der übrigen Wassersäule. Er bemerkte hiebei noch, dafs, wenn er unter dem Schlagen des Funkens das Rohr schief hielt, die Röthe sich zweimal weiter bei dem tiefern, als bei dem höhern erstreckte. In eben dem Verhältnisse, wie die Flüssigkeit roth zu werden anfing, kam sie dem Drahte näher, so, dafs der Raum der Luft, in der der Funken geschlagen hatte, vermindert wurde; und zwar betrug diese Verminderung, wie er endlich fand, ohngefähr $\frac{1}{5}$ des ganzen Raums. Hierauf brachte fortgesetztes Elektrisiren keine merkliche Wirkung weiter hervor. Zu bestimmen, ob vielleicht in der Luft, oder nur in der elektrischen Materie die Ursache der Farbenänderung liege, dehnte er die Luft, die in der Röhre rückständig war, vermittelst einer Luftpumpe so aus, dafs sie alles blaue Wasser heraus trieb, und liefs an seine Stelle wiederum neues hinein. Die Elektricität brachte aber nun keine merkliche Wirkung mehr, weder in der Luft noch in der Flüssigkeit hervor; so, dafs man deutlich sehen konnte, dafs die elektrische Materie etwas einer Säure ähnliches niedergeschlagen habe. Um ferner zu bestimmen, ob vielleicht der Draht etwas zu dieser Wirkung beigetragen habe, nahm er Drähte von verschiedenen Metallen, Eisen, Kupfer, Messing und Silber. Aber bei ihnen allen war der Erfolg derselbe. Dieses erfolgte auch, wenn er den elektrischen Funken völlig ohne Draht auf folgende Art einschlagen liefs. Er setzte eine gekrümmte Glasröhre mit beiden Schenkeln in ein Gefäfs mit Quecksilber, das er unter der Luftpumpe in jedem Schenkel bis zu der Höhe von etwa $\frac{1}{2}$ der ganzen Röhre so lange steigen liefs, bis über dem Quecksilber in jedem Schenkel ein

Raum, der ohngefähr die Hälfte der Quecksilberhöhe betrug, mit blauem Wasser, und der Raum zwischen den beiden Wassersäulen, der den Bogen der Röhre machte, mit gemeiner Luft angefüllt war. Hierauf liefs er den elektrischen Funken von einem Schenkel bis zum andern überschlagen, so, dafs er von der Flüssigkeit in dem einen Schenkel der Röhre bis zur Flüssigkeit in dem andern durch den mit der Luft angefüllten Raum schlug. Es wurde das Wasser in beiden Schenkeln roth, und der mit Luft angefüllte Raum zwischen beiden wurde wie vorher kleiner. Die durch die Elektricität so verminderte Luft brauste weder mit der Salpeterluft auf, noch wurde sie von ihrer Beimischung vermindert; es war ihm daher bewiesen, dafs sie im höchsten Grade, und eben so, wie durch jeden andern Prozefs verminderte Luft, schädlich geworden sei. Um zu bestimmen, welche Säure aus der Luft niedergeschlagen sei, setzte er ein wenig von der Flüssigkeit, deren Farbe verändert war, reiner atmosphärischer Luft aus; er fand aber, dafs sie ihre blaue Farbe wieder annahm, und sich eben so verhielt, wie das mit der nemlichen blauen Farbe gefärbte, und mit fixer Luft angeschwängerte Wasser. Indessen war folgender Versuch für ihn entscheidender. Er liefs nemlich den elektrischen Funken durch die mit Kalkwasser gesperrte Luft schlagen, wobei sich der Kalk, sobald die Luft vermindert wurde, niederschlug. 1) (Priestley's Vers. und Beobacht. über versch. Gattungen der Luft, Th. I, a. d. Engl., Wien und Leipzig 1778, p. 20—21; 166; 178 bis 181; Vergl. Marats phys. Unters. über Elektricität, Weigel's Uebersetz. p. 469, Anmerk. 276.) *Priestley* wiederholte hernach in Gegenwart der Herrn *Nairne* und *Magellan*, die auf den ganzen Prozefs sehr aufmerksam waren, den Versuch. Man nahm eine 1/10 Zoll im Durchmesser haltende Glasröhre, die an dem einen Ende offen, an dem andern aber verschlossen war. In das verschlossene Ende kitteten sie ein Stück Eisendraht, füllten alsdann mit Lackmus gefärbtes Wasser in die Röhre (die Luft wurde nemlich vorher vermittelst der Luftpumpe so weit hinausgetrieben, dafs etwa noch 3/4 Zoll in der Röhre blieb), und liefsen den elektrischen Funken so lange hineinschlagen, bis sich die Luft beträchtlich verminderte, und die Flüssigkeit eine rothe Farbe angenommen hatte. Hierauf trieben sie das rothgefärbte Wasser durch die Luftpumpe hinaus, drehten die Luft aus, liessen von Neuem blaues Wasser hinein, und fingen mit dem Elektrisiren wieder an, setzten es auch so lange fort, bis sich die Luft gar nicht weiter vermindern wollte. Diese Verminderung betrug ohngefähr 1/4 des ganzen Volumens der Luft. Als sie jetzt abermals blaues Wasser hineinliessen, und die Elektrisirmaschine, die sonst sehr starke Wirkung that (und die von *Nairne* für Lord *Shelburne*

1) *Priestley* schlofs hieraus, dafs der elektrische Stoff Phlogiston sei, oder dasselbe enthalten müsse, weil er mit demselben gleiche Wirkung hervorbringe.

verfertigt war, eine ganze halbe Stunde hindurch bewegten; so waren sie doch nicht im Stande, die geringste Verminderung in der Luft ferner zu bewirken, oder die Farbe von der blauen Flüssigkeit im mindesten weiter zu verändern. *Nairne* und *Magellan* waren nach *Priestley's* Aussage überzeugt, dafs kein Versuch mit gröfserer Genauigkeit hätte angestellt werden können. Als *Priestley* ein anderes Mal den elektrischen Funken in gemeine Luft schlagen liefs, welche mit Quecksilber gesperrt war, und hierauf Wasser, welches er mit Lackmus blau gefärbt hatte, hinzuliefs, so färbte sich nach Verlauf von einem Tage und 2 Nächten das Wasser roth; gleich anfangs erfolgte die Farbenveränderung nicht. Auch war die Luftverminderung nachher beträchtlicher, als bei den vorhergehenden Versuchen. Als er bei einem andern Versuche den elektrischen Funken auf Luft, die durch Quecksilber gesperrt war, auf eben die Art, als zuvor hatte schlagen lassen, so ward die Luft dadurch sogleich wie gewöhnlich vermindert; den Tag darauf betrug die Verminderung noch mehr, ob er gleich nicht ferner elektrisirt hatte. Den dritten Tag nachher liefs er mit Lackmus gefärbtes Wasser hinein, und fand, dafs es nach Verlauf von einer Stunde oberwärts eine rothe Farbe angenommen hatte; die Verminderung war aber, dem Anscheine nach, nicht stärker, als vorher. In weniger als 24 Stunden war das Wasser durchgehends roth geworden, es liefs sich aber keine weitere Verringerung wahrnehmen. Einst gofs er eine Quantität Wasser, die erst durch Lackmus blau, und dann auf die angeführte Weise roth gefärbt war, in verschiedenen Portionen unter einander; hiebei kam die vorige blaue Farbe wieder zum Vorschein, indem sich die blaufärbende Materie blos niedergeschlagen hatte. (Priestley's Vers. und Beobacht. über verschied. Theile d. Naturlehre, B. I, p. 220 ff.; Vergl. Gehler's phys. Wörterbuch, Th. II, p. 356; Crell's Beiträge zu den chem. Annalen, B. II, p. 296; Cavallo's Abhandl. über die Natur und Eigenschaft. der Luft, a. d. Engl., Leipzig 1783, p. 387 ff.; Gren's neues Journal der Physik, B. IV, p. 99.; de Luc's neue Ideen über Meteorologie, Th. II, p. 218; Voigt's Magaz. für den neuesten Zustand der Naturk. B. III, p. 36; *Encyclop. méthodique - Chim. T. I, p.* 737; Schellings Ideen zu einer Philosophie der Natur, p. 184, und Andere.) — *Cavallo* bemerkt (a. a. O. p. 391 f.), gegen das Ende des Jahrs 1779 habe *Fontana* folgende Versuche gemacht, die sehr deutlich zu beweisen scheinen, dafs die Phlogistication der gemeinen Luft durch elektrische Funken ehe durch den Draht oder Kitt, als von der elektrischen Materie selbst, veranlafst werde. Er gebrauchte dabei eine Vorrichtung, bei der die Drähte nicht eingekittet, sondern in zwei in die Seiten einer starken Glasröhre gebohrte Löcher eingeschliffen waren. *Fontana* gebrauchte Drähte von verschiedenen Metallen, und fand, dafs die Funken zwischen Drähten von Messing und Eisen die Luft sehr

leicht und in beträchtlichem Grade phlogistisirten; wenn er hingegen Drähte von sehr reinem Silber, welche ohngefähr 9 bis 10 Zoll lang waren, gebrauchte, so wurde die Luft weit weniger verderbt, und es war dazu eine beträchtliche Zeit nöthig. Man mufste z. B. eine halbe Stunde hindurch unaufhörlich Funken schlagen lassen. (Vergl. Gehler's phys. Wörterb. B. II, p. 356.)

Auch *Marat* sagt (a. a. O. p. 472), die oben angeführten Erscheinungen seien nicht der Elektricität, sondern vielmehr dem Kitte zuzuschreiben, indem sie nicht Statt finden, wenn man den Metalldraht mit sehr hartem rothen Wachse einkitte. Indessen scheint bei diesen Einsprüchen das oben angeführte Priestley'sche Experiment, bei dem weder Drähte noch Kitt angewandt wurden, nicht beachtet zu sein. — *Sennebier* (physik. chem. Abhandl., Th. III, aus dem Franz., Leipzig 1785, p. 137) behauptet, es sei allerdings wahr, dafs der elektrische Funke, der in der Luft ausbreche, indem er dieselbe phlogisticire, sie verderbe, wobei fixe Luft erzeugt werde (a. a. O. p. 253.) — *Kratzenstein* sagt (Vorl. über Experimentalphysik, 6te Auflage, p. 104), man erhalte phlogistische Luft, wenn man viele elektrische Funken durch die atmosphärische gehen lasse. — *Achard* (Samml. phys. und chem. Abhandl. B. I, p. 295) bestimmte mit Hülfe des Eudiometers den Grad der Dephlogistication der in einer Leidner Flasche enthaltenen gemeinen Luft. Nun elektrisirte er dieselbe, und prüfte die Luft nach einigen Stunden abermals, und das Eudiometer bewies, dafs sie unverändert war. — *Van Marum* und *Paets van Trostwyk* stellten mit der grofsen Teylerischen Elektrisirmaschine hieher gehörende Versuche an. Ihre Vorrichtung, mit der sie Versuche über das Verhalten der Elektricität zu luftförmigen Flüssigkeiten anstellten, war folgende: Durch den Boden eines gläsernen fünf Zoll hohen und 1 ½ Zoll im Durchmesser haltenden gläsernen Cylinders, der in einem Gefäfse umgestülpt ist, geht ein eiserner Stift, auf den eine Kugel aufgeschraubt wird. Das Glas füllt man auf die gewöhnliche Weise mit Luft, die durch Quecksilber oder Wasser gesperrt wird. Wenn die Versucher die Luft auf Wasser stellten, so brachten sie in das Glas einen eisernen Stift, auf welchem sich eine kleine Kugel befand, die eben über die Oberfläche des Wassers hervorragte, wodurch der Uebergang des Strals, da das Wasser kein sehr guter Leiter ist, erleichtert wurde. Als das Glas in das Gefäfs umgekehrt war, so stellten sie dieses in ein Gestelle, welches vermittelst einer Schraube in die Höhe gebracht, und erniedrigt werden konnte; sie befestigten es an dem Gestelle vermittelst seidener Schnüre, schraubten alsdann die Kugel auf den Draht im Boden des Glases, brachten in das Gefäfs, welches das Glas aufnahm, einen eisernen Stift, von dem eine Ableitungskette bis an einen in den Boden eingelegten kupfernen Stab ging, und schoben endlich den Apparat so weit in die Höhe, dafs der elektrische Stral

aus dem Leiter fünf oder sechs Mal in einer Sekunde übergieng. Bei den Versuchen mit der atmosphärischen Luft stellten sie dieselbe erst über eine Lackmustinktur, so, dafs sie zwei Zoll hoch über derselben in dem Glase stand, und liessen den elektrischen Stral 30 Minuten lang hindurch gehen; die Menge der Luft verminderte sich um $^1/_{32}$. Die blaue Farbe der Lackmustinktur wurde etwas röthlich, obgleich diese Farbenveränderung sehr gering war. In der Folge liessen sie auch durch eine drei Zoll hohe Säule von gemeiner Luft, die sie mit Regenwasser gesperrt hatten, den elektrischen Stral 30 Minuten lang hindurch gehen, untersuchten hierauf diese elektrisirte Luft mit dem Salpeterluft-Eudiometer von *Fontana* 1), und fanden, dafs, wenn sie 2 Maas dieser elektrisirten Luft mit drei Maafsen salpeterartiger vermischten, die Verminderung des ganzen $\frac{142}{500}$ betrug; da die Verminderung der unelektrisirten atmosphärischen Luft, die man zu gleicher Zeit mit derselben Salpeterluft, und auf eben die Art untersuchte, $\frac{175}{500}$ war. Als sie diese Versuche späterhin auf eben die Art wiederholten, so war die Verminderung der elektrisirten Luft $\frac{149}{500}$, und der unelektrisirten $\frac{178}{500}$. Da nun, sagt *van Marum*, wenn man atmosphärische Luft und Salpeterluft mit einander vermengt, das Gemenge um so weniger vermindert wird, je mehr die erstere Phlogiston erhält, so sieht man, dafs die atmosphärische Luft bei allen diesen Versuchen einiges Phlogiston angenommen (= Sauerstoff abgegeben) haben mufs. (Beschreib. der Teylerschen Elektrisirmaschine u. s. w., durch *Martin van Marum*; aus dem Holländ. Leipzig 1786, Th. I, p. 28.) — *Bergmann* sagt (physisch. chem. Werke, aus dem Lateinisch. v. Tabor, B. VI, p. 158), durch grofse und öftere elektrische Schläge werde die Luft sehr verändert. — *Cavendish* stellte über unsern Gegenstand mit folgender Vorrichtung Versuche an. Ein gläserner Heber mit gleichen Schenkeln, durch Quecksilber angefüllt, wurde in zwei Gläser, die gleichfalls Quecksilber enthielten, gestellt. Ein kleines gläsernes Instrument diente um in den Heber in bestimmten Mengen zuerst eine wässerichte Flüssigkeit zu bringen, welche in dem Heber in die Höhe stieg, und das Quecksilber in zwei Säulen theilte; hernach die Luft, welche wieder die wässerichte Flüssigkeit theilte. 2) Er brachte hierauf das Quecksilber des einen Glases mit dem Boden in Verbindung, und gab dem in dem andern durch eine Elektrisirmaschine Funken, welche aus einem Schenkel des Hebers in den andern durch die Luftarten hindurch giengen. Auf diese Weise wurden die folgenden Versuche angestellt. Wenn der elektrische Funken durch die atmosphärische Luft

1) Vergleiche Atmosphärische Luft, Stickgas und Sauerstoffgas.

2) *Umständlicher findet man die Vorrichtung bei Stickgas, Sauerstoffgas und Elektricität, B. I, p. 489.*

gieng, welche durch zwei kleine Säulen von Lackmustinktur eingeschlossen war, so wurde diese Flüssigkeit roth, und die Luft vermindert. Nahm man an Statt der Tinktur Kalkwasser, und setzte die Funken auch so lange fort, bis die Luft sich nicht mehr verminderte, so zeigte sich dennoch nicht die geringste Wolke in demselben, obgleich die Luft auf $^2/_3$ ihres Volumens reducirt war. Der Versuch wurde darauf mit unreiner dephlogistisirter Luft (d. h. hier wohl nichts anders, als atmosphärische Luft, bei der ein Ueberschufs von Sauerstoffgas war) wiederholt, welche sich stark verminderte, ohne dafs sich eine Wolke im Kalkwasser zeigte, welche auch alsdann eine hineingebrachte kleine Menge fixer Luft nicht bildete. Wenn man aber etwas kaustisches flüchtiges Laugensalz hinein liefs, so bildete sich sogleich ein brauner Niederschlag. Hieraus ergab sich, dafs das Kalkwasser anfangs mit einer Säure gesättigt war, welche verhinderte, dafs die fixe Luft den Kalk präcipitirte. Folgende Versuche sollten nun die Natur dieser Säure bestimmen. Wenn die Luft durch Lauge eingeschlossen war, so verminderte sie sich weit schneller, als beim Kalkwasser; daher er diese bei den Versuchen, wodurch er die Natur der Säure bestimmen wollte, vorzog. Aus den Probeversuchen, die er nun nicht mehr mit atmosphärischer Luft, sondern mit einem Gemisch aus reinem Sauerstoffgas und Stickgas (s. Stickgas, Sauerstoffgas und Elektricität, B. I, p. 489) anstellte, ergab sich, dafs die Säure Salpetersäure sei. (de Luc's neue Ideen über Meteorologie, aus dem Franz. Th. II, p. 217; Voigt's Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. IV, St. 2. p. 179; *Encyclopéd. méthod. Chim. T. I.* p. 337.) *Kirwan* erzählt (*Journal de Physique*, *Juin* 1785), wenn man den elektrischen Funken durch eine mit Lackmustinktur gesperrte atmosphärische Luft hindurch gehen lasse, so werde das Volumen der Luft um $^1/_4$ vermindert, und die Tinktur roth gefärbt; wende man an Statt der Tinktur Kalkwasser an, so entstehe ein Niederschlag. — *Gardini* bemerkt (von der Natur des elektrischen Feuers; aus dem Lateinisch. d. Hofrath Mayer, ins Teutsche übersetzt v. Geifsler, p. 109; Halles fortgesetzte Magie, B. VI, p. 507), er habe mit sehr grofsen und kleinen Funken die Versuche in der atmosphärischen Luft angestellt, und *Priestley's* Versuche bestätiget gefunden, nemlich, dafs die Luft durch kleine Funken und Stralenbüschel einigermafsen vermindert und sie selbst phlogistisch werde. Mache man hingegen mit grofsen Funken Versuche, wie *Beccaria* (*Opuscoli scelti sulle scienze*, T. III, p. 377) gethan habe, und bestätige sich seine Beobachtung, dafs die Luft bis zu einer gewissen Gränze wachse 1), dann

1) *Das Wachsen des Volumens mufs ohne Zweifel dem Wasserstoffgas, das aus dem der Luft anhängenden Wasser durch die Elektricität hervorgebracht wird, zugeschrieben werden.* v. S. Ph.

dann aber aufhöre zuzunehmen, ja, dafs selbst wieder eine gewisse geringe Verminderung erfolge. — *Voigt* neue Theorie des Feuers, p. 313; Magazin für das Neueste aus der Physik, B. IX, St. 1. p. 127) machte folgenden Versuch. Er nahm eine kleine Phiole mit weitem Bauche, und engem Halse. Am weitesten Theile des Bauches durchbohrte er das Glas, und kittete in die Oeffnungen ein paar starke Drähte, die mit ihren Enden inwendig etwa einen Zoll weit von einander standen. Er setzte hierauf die Flasche umgekehrt in eine Schale mit Wasser, und liefs eine Menge Funken durch die Luft der Flasche schlagen. Wäre die Luft phlogistisirt worden, so hätte sich, wie er anführt, ihr Volumen vermindern, und das Wasser im Halse erheben müssen; dies geschah aber nicht im mindesten, obgleich die Luft in der Flasche einen überaus starken elektrischen Geruch von sich gab. — *Thomson* führt (System der Chemie, B. III, Abtheil. 2, p. 146) an, es finde bei jeder elektrischen Entladung durch die Luft eine Veränderung Statt, welche der durch das Verbrennen bewirkten ähnlich sei; das Licht und der eigenthümliche Geruch, welcher alle elektrischen Erscheinungen begleiten, zeigen dieses aufs Bündigste; denn es werde kein Licht wahrgenommen, wenn die elektrische Entladung im luftleeren Raume erfolge.

Einflufs der verschiedenen Mischung der Luft auf die Resultate bei der Einwirkung der Elektricität. — *Wilhelm Gilbert* aus Colchester sagte zuerst (in seinem Werke *de Magnete*, das im Jahre 1600 in London heraus kam), dafs die elektrischen Erscheinungen bei trockner Luft und beim Nord- und Ostwinde am stärksten seien; als zu welcher Zeit die elektrischen Substanzen zehen Minuten nach dem Reiben noch wirkten. Eine feuchte Luft 1) hingegen, oder ein Südwind vernichte die elektrische Kraft fast. Eine gleiche Wirkung bemerkte er auch von der Dazwischenkunft des Athems. (Priestley's Geschichte der Elektricität, p. 3.) Auch *Joh. Jacob Schilling* (*Observationes et experim. de vi electric. vitri et aliorum corporum*; *Miscellanea Berolinens. Continuat. III. seu Tom. IV, p.* 314; Gralath's Geschichte der Elektricität; Versuche und Abhandl. der Danziger naturforschenden Gesellschaft, Th. I, p. 210) lehrte um das Jahr 1734, dafs die Elektricität der verschiedenen Körper sich bei feuchter Luft und Regen wenig äufsere, bei trocknem hellem und kaltem Wetter aber sehr leicht und stark wirke. — *G. C. Silberschlag* (Ausgesuchte Closterbergische Versuche u. s. w., Berlin 1768, p. 324) führt an, er habe befunden, so oft er die Zimmer, in denen er elektrische Versuche angestellt, mit andern verwechselt habe, dafs die Experimente in grofsen und hohen Zimmern viel besser, als in kleinen und niedrigen von Statten gehen, zumal, wenn die Anzahl der Zuschauer grofs sei. Die Dünste

1) *Vergleiche Luft Wasser und Elektricität.*

eines Gemachs, in welchem sich viele Menschen befinden, scheinen seinen Versuchen zu Folge den Wirkungen der Elektricität mehr hinderlich zu sein, als die Witterung der verschiedenen Jahrszeiten; denn er fand sie bei allen Abwechselungen des Wetters in hohen Zimmern sehr stark, indessen bei heiterm Himmel, und in einem Zimmer, welches von den Strahlen der Mittagssonne durchleuchtet wurde, viel stärker. — *Jacob Langenbucher* sagt (Beschreibung einer beträchtlich verbesserten Elektrisirmaschine, Augsburg 1780, p. 32), ein eingeheiztes Zimmer 1) lasse fast zu allen Zeiten Effect hoffen; bei Ost- und Nordostwinden sei die Kraft immer am stärksten; bei ungeheizten Zimmern dürfe man bei feuchter Luft und Süd wenig Kraft erwarten; bei schwüler Sommerluft, besonders wenn Gewitter im Anzuge seien, werde man von der besten Maschine keinen Effect erhalten, blasen aber im Sommer die Ost- und Nordost-Winde, so sei die Kraft eben so gut, als im Winter; im Sommer könne man in den Morgenstunden und auch des Abends öfters beträchtliche Kraft erhalten. — *Donndorff* (Lehre von der Elektr. B. II, p. 759) führt an: Jedermann wisse, dafs auch die beste Elektrisirmaschine in ihren Wirkungen geschwächt werde, wenn man sie in einem kleinen mit vielen Leuten angefüllten Zimmer in Gang bringe. — *Halle* bemerkt (Magie, B. II, p. 35), im Sommer gerathen die elektrischen Versuche nicht so gut, als im Winter, und man könne an kalten Orten einen stärkern Grad der Elektricität erregen, als an warmen. Ebenderselbe sagt (a. a. O. I, p. 7), in nassem und kaltem Herbstwetter höre alle Elektricität in der Maschine auf, bis man sie in die warme Stube bringe. — In einer um das Jahr 1787 der Londoner Societät vorgelesenen Abhandlung des *Abbé Mann* wird die Beobachtung der Anhäufung der Elektricität als das beste Merkmal der Trockenheit der Luft angegeben. 2 — Nach *Hildebrandt* bemerkt man, dafs überhaupt die Wirkungen der Elektrisirmaschinen bei kaltem Wetter am stärksten sind. (Geschichte des Quecksilbers, p. 13.)

Gewitter 3). — Wenn eine Entladung der Elektricität zwischen den Gewitterwolken und der Erde, also Blitz und Donner zu wiederholten Malen erfolgt, so heifst dieses Phänomen Gewitter, Ungewitter, Donnerwetter (*Tem-*

1) *Vergl. Luft, Elektricität und Wärme.*

2) *Blagden* meint dem zu Folge, dafs diese Beobachtung die beste Veranlassung, ein gutes Hygrometer zu erfinden, geben mögte.

3) *Da das, was bei dem Gewitter constant beobachtet wird, Thätigkeit der Elektricität in der Luft, und Einwirkung derselben auf ihre Mischung oder Mengung ist, so trage ich kein Bedenken diese prächtige Erscheinung im Luftoceane hier in dem Texte abzuhandeln.* *v. S. Ph.*

pestas fulminea, *orage accompagnée d' eclair et de tonnère*. **Beccaria** war der erste, der eine hinreichend genaue Beschreibung vom Gewitter gab; seine Schilderung ist folgende. (*Lettere dell' Elettricismo* p. 151, 155, 164, 176. *Jos. Priestley* Gesch. der Elektr. p. 215. ff. *Donndorfs* Lehre von der Elektr. p. 507). Die erste Erscheinung bei einem Gewitter, das sich gewöhnlich ereignet, wenn wenig oder gar kein Wind ist, ist eine dicke Wolke, oder auch mehrere, die sehr geschwind an Gröſse zunehmen, und sich in die höhern Gegenden der Luft hinaufziehn; die untere Fläche ist schwarz, und beinahe eben, die obere hingegen völlig gewölbt, und genau begränzt. Oft sieht man verschiedene dieser Wolken über einander gethürmt, und alle auf einerlei Art gewölbt. Sie halten aber beständig an einander, und bleiben geschwollen, und mit ausgespannten Bögen. Zur Zeit des Aufsteigens dieser Wolke, ist der Dunstkreis gemeiniglich mit sehr vielen abgesonderten Wolken, ohne Bewegung, und von sonderbaren und seltsamen Gestalten bezogen; alle diese ziehen sich bei Erscheinung der Gewitterwolke zu derselben hin, und werden, je näher sie ihr kommen, in ihren Gestalten gleichförmiger, bis sie endlich, wenn sie der Gewitterwolke ganz nahe gekommen sind, ihre Glieder wechselseitig gegen einander strecken, worauf sie sich sofort mit einander vereinigen, und zusammen eine gleichförmige Masse ausmachen. Diese leztern nennt *Beccaria* fremde Wolken, weil sie zur Vergröſserung der Gewitterwolken neu hinzu kommen. Zuweilen aber schwillt die Donnerwolke an, und nimmt sehr geschwind zu, ohne Vereinigung mit einer von den fremden Wolken, indem die Dünste in dem Dunstkreise selbst überall wo sie durchziehn, in Wolken zusammen treten. Einige der fremden Wolken sehen an den äussersten Rändern der Gewitterwolke, oder unter dem Körper derselben, wie weiſse Franzen aus; sie werden aber, je näher sie kommen, um sich mit derselben zu vereinigen, immer dunkler. Wenn die Gewitterwolke zu einer beträchtlichen Gröſse angewachsen ist, erscheint ihre untere Fläche öfters uneben, indem sich besondere Theile nach der Erde zu hinabziehen; jedoch so, daſs sie mit dem übrigen Theile noch zusammen hängen. Bisweilen schwillt die untere Fläche in mancherlei ansehnliche Hervorragungen auf, welche gleichförmig nach der Erde zugekehrt sind. Zuweilen neigt sich eine ganze Seite der Wolke nach der Erde zu, und das äusserste Ende derselben berührt beinahe die Erde. Ist das Auge unter der Gewitterwolke, nachdem dieselbe angewachsen, und wohlgestaltet geworden ist, so bemerkt man, daſs sie sich senkt, und auſserordentlich dunkel wird, und man sieht zugleich eine Menge kleiner Wolken, deren Ursprung nie wahrzunehmen ist, in einer schnellen Bewegung nach sehr ungewissen Richtungen unter jener sich herumtreiben. Während diese Wolken sich in den schnellsten Bewegungen befinden, pflegt es gewöhnlich sehr stark zu regnen,

und ist die Bewegung aufserordentlich heftig, so pflegt es gemeiniglich zu hageln. Während die Gewitterwolke anschwillt, und sich ihre Zweige über eine grofse Strecke der Gegend verbreiten, siehet man den Blitz von dem einen Theile derselben nach dem andern zu fahren, und öfters ihre ganze Masse erleuchten. Hat sich die Wolke hinlänglich ausgebreitet, so streichet der Blitz zwischen der Wolke und der Erde an zwei entgegengesetzten Orten, so dafs der Strich durch den ganzen Körper der Wolke und deren Zweige hindurch gehet. Je länger dieses Blitzen anhält, desto dünner wird die Wolke, und desto mehr verliert sie ihre Dunkelheit, bis sie endlich an verschiedenen Orten bricht, und einen klaren Himmel sehen läfst. Hat sich solchergestalt die Gewitterwolke verloren, so breiten sich die Theile, die die obern Gegenden des Dunstkreises einnehmen gleichförmig auseinander, und werden ganz dünn, und die zunächst darunter befindlichen sind schwarz, aber ebenfalls dünne, und verschwinden endlich nach und nach, ohne durch den Wind auseinander getrieben worden zu sein. — *Donndorff* (Lehre von der Elektricität B. II. p. 520) sagt, die Hitze, welche im Sommer vor den Gewittern hergeht, verursacht uns eine ganz andere Empfindung, als sonst eine eben so starke oder noch stärkere Hitze zu thun pflegt. Man nennt diese Witterung schwül; durch dieselbe verliert die Luft den Grad der Elasticität, welcher unentbehrlich ist, wenn wir ohne Beschwerlichkeit sollen Athem schöpfen können. Sie macht uns träge, und scheint das Geblüt gleichsam aufzuschwellen. Der Wind, der sonst unserm Körper eine angenehme Kühlung verursacht, bedeckt uns gleichsam mit einer heifsen Wolke; und überhaupt kann man diesen Zustand der Luft sehr leicht von der gewöhnlichen Hitze unterscheiden. Der Erfahrung zu Folge spürt man zu dieser Zeit eben die Mattigkeit, und überhaupt ähnliche Empfindungen, als wenn der Körper zuweilen mit starker negativer Elektricität künstlich geschwängert ist, wodurch einige fast zum Schwindel gebracht werden 1). Man bemerkt auch, wenn man zu dieser Zeit schnell aus dem Hause in die Luft kommt, den bekannten elektrischen Geruch, wovon die gemeinen Leute sagen pflegen, „die Luft riecht nach Wärme.“ Es giebt Menschen, welche es wohl 24 Stunden vorher riechen, wenn es wittern will. *Lampadius* giebt (Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie p. 146.) folgende Skizze vom Gewitter: Der Himmel ist völlig heiter; es wehet ein mäfsiger SO Wind, und der höchste Grad der Wärme zu Mittag im Schatten ist etwa 18 bis 19° R. Die Wärme nimmt nach und nach zu. Den dritten oder vierten Tag zeigt das

1) Demjenigen, der vermöge seiner (sehr reizbaren) Constitution besonders stark von der Gewitterluft afficirt wird, kann vielleicht eine ganz seidene Bekleidung Linderung gewähren. *v. S. Ph.*

Thermometer 22 bis 24 Grad. Der Wind ist kaum merklich südlich, die Luftelektricität vermindert, man fühlt eine gewisse Unbehaglichkeit aus Mangel dieser Flüssigkeit. Es entstehen höhere Strichgewölke, die an manchen Punkten des Horizonts dichter werden. Tiefe Stille herrscht in der ganzen Natur. Jene Strichgewölke enthalten schon den Keim des Gewitters; sie verdichten sich, und ein niederes Wölkchen erscheint zuerst unter dieser Schicht. Aus diesem wird bald eine dicke begrenzte Wolkenmasse. In beide Schichten kommt Bewegung und es fängt an einzelnen Stellen zu regnen an. Bald darauf sieht man den Blitz aus der regnenden Wolke fahren, und vernimmt den Donner. Das Schauspiel wird immer interessanter, und der Regen wird immer häufiger. Blitze folgen auf Blitze, das Gewölk wird stürmend getrieben, und ungeheure Wassermassen, die zuweilen gefrieren, fallen nieder. Positive und negative Blitze wechseln mit kurzen Intervallen von kaum merklicher Elektricität. Der Regen ist stark elektrisch; die Luft wird um 5 bis 6° abgekühlet, und wieder elektrischer als vor dem Gewitter. Blitz, Donner, wäſsriger Niederschlag und Sturm sind die vorzüglichsten Ereignisse bei dem Gewitter. Die Farbe des Blitzes ist nicht immer gleich, welches so wohl von dem Grade der Luftverdünnung als der Feuchtigkeit, so wie auch von dem Hintergrunde auf dem es blitzt, abhängen kann. Bei einigen fast ununterbrochen leuchtenden Gewittern erscheinen die Blitze fast immer blendend weiſs. Der Blitz schlägt entweder aus einer Wolke in eine andre, oder er zertheilt sich in der Luft, oder er wird von einem Gegenstande auf der Erdoberfläche angezogen, d. i. es schlägt ein 1). Daſs ein niederfahrender Blitz am Orte des Einschlagens schweflichtsaure Dämpfe verbreite, ist wenigstens allgemeine Sage. Es frägt sich aber, ob dieser Behauptung nicht etwa eine Verwechselung des Geruchs dieser Dämpfe mit dem bekannten phosphorichten Geruch der Elektricität S. Th. I. B. I. p. 53. und Th. II. den Artikel Elektricität und Körper) zum Grunde liegt. Der Blitz erscheint uns wegen der Schnelligkeit, mit der er seinen Weg zurück legt, als ein zusammenhängender Strahl. Da er die Luft als einen schlechten Leiter vorfindet, so wird er von dem geraden Wege hin und her abgebogen; erscheint daher krumm und wellenförmig laufend. Die Quantität des theils als Regen theils als Hagel in einem geringen Umfange der Luft bei einem Gewitter niederfallenden Wassers ist so groſs, daſs oft bei einem Gewitter in dem Umfange wenigstens einer Meile 2 Fuſs hoch Wasser fällt, und dieses aus einer Luftschicht, welche kurz zuvor noch frei vom Wasserdampf war. Die Tropfen sind sehr groſs, und das Wasser wird

1) *Ueber die Natur des Blitzes, so wie die Blitzableiter und dergl. sehe man: Elektricität der Luft, B. II, p. 307 ff. die Noten.*

in Massen gebildet. Es regnet stofsweise, so wie sich die Blitze bilden. *Lampadius* sagt, es gebe kein Gewitter ohne Regen; wenn aber die Gewitter klein seien, hoch stehen, und die Luft sehr warm und trocken sei, so könne von einem fallenden Regen viel wieder verdünsten. Einige nehmen an, ein Gewitter werde weniger gefährlich, wenn es recht stark regne; indessen sagt *Lampadius* (a. a. O. p. 152.) die heftigsten Gewitter seien auch gerade von den stärksten Regen begleitet; im Sommer 1800 habe ein niedriges, heftig regnendes Gewitter in 11 Minuten sieben Mal in und gleich vor Freiberg eingeschlagen. Der bei dem Gewitter fallende Hagel besteht theils aus gefrornen einzelnen Tropfen, theils aus gefrornen gröfsern Wassermassen 1). Es fallen auch bei Gewittern Graupeln, welche zusammengesickerte Schneemassen darstellen. Nicht jedes fallende Hagelkorn hat einen sogenannten Schneekern. Eine Sorte Hagel ist frei von diesem, aber mit kleinen Bläschen gefüllt. Der Hagel in Massen zu Lothen und Pfunden soll zwar nach einigen aus zusammengebackenen kleinern Körnern bestehen; *Lampadius* aber bemerkte bei einem 13 Loth schweren, im September 1792 zu Beverungen gefallenen Hagelstücke, welches er von dieser Schwere noch 44 Tage nachher nebst mehrern in einem Keller fand, nicht eine Spur von Zusammensintern. Des Nachts hagelt es zwar selten bei dem Gewitter, aber doch zuweilen. Fürchterlich klingt das entfernte Rauschen eines starken Hagelwetters mit Winde, wo die Eismassen in der Luft zusammen getrieben werden. *Bosc d'Antic* sah, wie *Lampadius* anführt (a. a. O. p. 154) oktaedrische Hagelkörner.

Jedes Gewitter ist von einem Winde begleitet, welcher sich entweder mehr oder weniger stark bis auf die Erde erstreckt, oder blofs in der Höhe bleibt. Nicht selten dreht sich der Wind bei Gewittern aus allen Gegenden. Es fliefst Luft an den Ort der Verdichtung nach. Man sagt die Gewitter ziehen gegen den Wind; dieses ist aber gerade nicht immer der Fall. Das Gewitter erregt seinen eigenthümlichen Wind, und wohin dieser am stärksten drückt, dahin ziehen die Gewitterwolken, ohne sich an den herrschenden Wind zu kehren. Die Bildung des Blitzes ist an keinen Wind gebunden. Häufiges Gegeneinanderziehn, und Durcheinanderziehn der Wolken an warmen Tagen verkündet Gewitter, die Luft ist schon in Gährung. Die Gewitter entstehen entweder über dem Horizonte, und im Zenith, oder sie kommen schon in voller Thätigkeit angezogen. Letztere sind fast immer stärker; da die erstern noch vor völliger Reife sich entfernen. Sie durchziehen grofse Strecken. Es giebt witternde Wolken, die kaum einen Strich von 100 Toisen beregnen, und kaum eine Meile in die Länge bis zu ihrer Auflösung ziehen; andere aber beregnen

1) Die Figur des Hagels im Allgemeinen sehe man unter Wasser Th. I. B. I. p. 186.

Breiten einer Meile, und ziehen 80 bis 100 Meilen in der Länge fort. Durch Sturm und verminderte Temperatur hört endlich der chemische Procefs auf. Wolken von abfallenden Gewittern kommen oft über den Horizont, und verbreiten Regen oder Kälte und Wind. Im gemeinen Leben sagt man oft, das Gewitter kommt die Nacht wieder u. s. w.; dies ist aber selten der Fall. Die Luft ist an dem Tage zur Gewitterformation geneigt, und es kommen neue Gewitterwolken. Es giebt kleine Gewitter, die einzelne Blitze entwickeln; andere gröfsere, die fast ununterbrochen an 10 bis 20 Stellen blitzen. Hohe Gewitter bei hohen Barometerständen sind nach *Lampadius* Versicherung fast gar nicht gefährlich. Am fürchterlichsten sind die bei niedrigem Barometerstande sich fast auf der Erde fortwälzenden Gewitter. Im Gebirge kommt diese Erscheinung oft genug vor. Schon auf dem Brocken und auf der Schneekoppe sieht man Gewitter unter sich. Die gewöhnliche Höhe der Gewitter auf Ebenen ist zwischen 1500 bis 3000 Toisen. Wetterscheiden entstehn, wenn Gebirgsrücken oder Wälder die Wolken nach bestimmten Strichen anziehn; daher die Gewitter auch häufiger in Gebirgen und Wäldern verweilen. Stehen die Gewitter aber einmal in Ebenen, so sind sie auch heftig und anhaltend, wie z. B. in Petersburg. In der Nacht und im Winter sind die Gewitter seltner 1). Indessen hat *Reimarus* (vom Blitze p. 256.) mehrere Beispiele von Wintergewittern angeführt. Die Gewitter des Winters sind die heftigen Schneewetter und Graupelschauer, die denn auch zuweilen blitzen. Gemeiniglich glaubt man dafs die Gewitter jährlich gewisse Striche halten, d. h. dem ersten Gewitter sollen die andern folgen. Indessen versichert *Lampadius* (a. a. O. p. 157.) dafs er dieses ungegründet gefunden habe, und dafs, wenn es ja so etwas ähnliches gebe, man es in der Art wie die Winde ihre Striche halten, zu suchen habe. Die Gewitter aus Süden sind in Teutschland äufserst blitzreich, gewöhnlich ohne sonderlichen Sturm, von grofser Ausbreitung mit vielem Regen. Die Westgewitter geben sehr viel Wasser, heftigen Sturm, und selten häufige Blitze. Sie ziehen aber oft tief und dunkel mit hoher Ausbreitung. Die Nordwest und Nordgewitter hageln am häufigsten, nicht immer mit Sturm. Sie gehen oft in Landregen über. Am schönsten nehmen sich die Gewitter aus Osten mit ihren sehr hohen oben blendend weifsen, den Schneegebirgen ähnlichen Wolken aus. Sie ziehen fast immer hoch, hageln sehr oft, ziehen langsam mit wenig Sturm, und sind selten von grofser Ausdehnung in die Breite. *Beccaria* bemerkte, dafs das Barometer bei dem Blitzen falle (*Lettere dell' elettricismo p.* 353.) Im

1) Nach Lampadius rührt dieses ohne Zweifel von der verminderten Temperatur und von der kälteren Luft, welche mehr elektrische Materie von den schneienden Wolken annimmt, her.

388sten Stück der Jenaer *Litteraturzeitung* vom Jahre 1796, steht, dafs das Barometer bei herannahenden Gewittern steige, und bei wegziehenden wieder falle. — Bei *Franz Christoph Frenzel* drei Jahre hindurch fortgesetzten Beobachtungen fiel allezeit bei herannahenden Gewittern das Barometer so regelmäfsig, dafs er seine Ankunft schon mehrere Stunden vorher sagen konnte. Während des Gewitters blieb es auf seinem angenommenen Standpunkte, und erst nachdem es sich entfernte, fing auch das Quecksilber an zu steigen. Bei einem heftigen Gewitter, das gerade über ihn schwebte (zu Grüllenburg bei Freiberg), war das Barometer in einer beständigen Oscillation. In jedem Monate ist nach ihm aber der Gewitterstandpunkt am Barometer verschieden; im Junius und Julius steht er am niedrigsten, im Mai und August höher. Auch nach *Lampadius* fällt das Barometer ein wenig, je näher das Gewitter kommt, und die Temperatur ist nach jedem Gewitter 3 bis 8 Grad niedriger geworden. — *Marat* führt an (a. a. O. p. 566), der Knall des Donners sei allezeit dem durch den Wiederhall der Berge wiederholten Geräusche der Verpuffung knallender Stoffe ähnlich. Immer sieht man den Blitz, ehe man den Knall des Donners hört. Je länger der Donner nach dem Blitze ausbleibt, um desto weiter ist die Gewitterwolke entfernt; je geschwinder aber der Donner dem Blitze folgt, desto näher ist das Gewitter. Man kann nach *Wolff* (Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur, vierte Auflage, p. 449) leicht ohngefähr prüfen, wie weit das Gewitter von uns entfernt ist, wenn man die Zeit merkt, die zwischen dem Blitze und dem Donner verstreicht; indem 5 Sekunden beinahe eine Viertelmeile geben, der Pulsschlag fast eine Sekunde daure, also 5 bis 6 Pulsschläge für eine Viertelmeile gerechnet werden können. (Man vergl. damit was oben über die Schnelligkeit des Schalls in der atmosphärischen Luft gesagt ist.) — *Gehler* sagt (phys. Wörterb. I, p. 592), da man die Geschwindigkeit des Schalles im Durchschnitte genommen auf 1080 Par. Fufs oder 1240 Leipziger Fufs in einer Sekunde setzen könne, so lasse sich die Entfernung einer Gewitterwolke auf eine sächsische Meile schätzen, wenn die Pause zwischen Blitz und Donner 25 bis 26 Sekunden betrage. Das Geräusch des Donners hält einige Zeit an, und füllt oft den Zeitraum einer halben Minute aus. Indessen hören Personen, welche dem Orte, wo der Donner entsteht, nahe sind, oft nur einen einfachen Laut, wie den Knall eines Feuergewehrs. So hörten *Bouguer* und *de la Condamine* (*Voyage au Perou, p.* 41) auf dem Pichincha bei einem Gewitter, welches den Hagel horizontal gegen sie trieb, den Knall des Donners völlig einfach, und eben dies ist oft von Personen bemerkt, die sich in oder nahe bei einem vom Blitz getroffenen Gebäude befanden. (*Gehler's* phys. Wörterb. Th. I, p. 590.) In Gebirgen dauert der Donner viel länger, und ist weit stärker, als auf dem platten Lande. Auf sehr hohen Bergen klingt, wie

wie man neuerlich wieder auf dem Glockner bemerkt hat, der Donner schwächer. 1) (Lampadius Atmosphärologie, p. 152.) — *Watson* behauptet, (Priestley's Geschichte der Elektricität, p. 258) man bemerke öfters, wenn man auf die Geräthschaft zur Sammlung der Elektricität aus den Wolken Achtung gebe, obgleich der Himmel sehr finster aussehe, und sich auch einige Donnerschläge ziemlich nahe hören lassen, doch kaum einige Wirkung daran; sobald es aber zu regnen anfange, und der Regen auf den Theil der Geräthschaft, der an der freien Luft stehet, falle, so ertönen die daran befindlichen Glocken, und es erfolge das elektrische Knistern auf eine ganz ausserordentliche Art nach einander. — *Monnier* sagt (*Mém. de Mathem. et de Phys. de l'Académ. Paris* 1752, *p.* 236), die Zeit, da die Elektricität sich in gröſserer Fülle ausgebreitet scheine, sei ehe die der Auflösung der Gewölke in groſstropfichten Regen, als der Augenblik, da der Donner mit dem gröſsten Toben ertöne, und die Blitze sich am lebhaftesten durchkreuzen. Die Windstille, welche vor den Gewitterregen gewöhnlich vorhergeht, hört nach ihm in demselben Augenblicke auf, da die elektrische Materie sich zu verbreiten anfängt, und er will bemerkt haben, daſs der Wind um so heftiger war, je mehr Elektricität die Elektroskope angezeigt hatten, und daſs, so bald die Luftmasse anfing feucht zu werden, die elektrische Materie ganz während eines ziemlich beträchtlichen Zeitraumes verschwand. — *Bina* bemerkt (Hamb. Magaz. B. XII, St. 1), er habe die Luftelektricität am stärksten in den Augenblicken gefunden, da der Blitz die Augen blendete. — *Schelling* führt an (Neue Zeitschrift für speculative Physik, B. I, St. 2, p. 169), unter dem Aequator bringe jeder Mittag ein Gewitter.

Unter Wetterleuchten (*Fulguratio*, *eclair sans tonnerre et d'une lumière diffuse*) versteht man eine Art von Blitz, bei dem man keinen Donner hört, auch keinen gedrungenen Feuerstral wahrnimmt, sondern nur einen in der Atmosphäre sich verbreitenden und gleich wieder verschwindenden Lichtschimmer sieht. Gewöhnlich pflegt man bei dieser Erscheinung zu sagen, das Wetter kühle sich. — *Ahlward* (Brontotheologie, 1. Betr. §. VII) sagt, bei dem Wetterleuchten entstehe kein Knall; auch *Hartmann* (von der Verwandtschaft der elektrischen Kraft mit den erschrecklichen Lufterscheinungen, §. 81) unterscheidet Wetterleuchten vom Blitz durch die Abwesenheit des Knalls. *Kästner* scheint (Neues Hamburger Magaz. St. 35, p. 388 f.), durch ein Gewitter, das er am 7. Decemb. 1769 zu Göttingen beobachtete, vermogt, geneigt anzunehmen, daſs bei jedem Wetterleuchten zugleich Knall sei, und daſs es nur einer weiten Entfernung beizumessen sei, wenn wir diesen

1) *Lampadius* schreibt dieses mit Recht der sehr verdünnten Luft zu.

Knall nicht hören. Als er nemlich an ein Fenster gegen Osten, nachdem seiner Meinung nach das Gewitter vorbei war, trat, so sah er einen breiten Feuerstrom wellenförmig herabstürzen, und zählte 43 Sekunden, ehe er den Knall hörte, welcher ihm stark vorkam von Leuten in seinem Hause aber nicht war gehört worden. Er zählte eben so viel zwischen einem andern ähnlichen Blitze und dem Knalle. Die Knalle kamen alsdann immer langsamer, so, dafs er sich nicht so lange richtig zu zählen traute, sie wurden auch immer schwächer. Man sahe es auch noch viele Stunden darauf blitzen, ohne einen Knall zu hören. Indessen behaupten doch *Gehler* (phys. Wörterb. B. IV, p. 740) und *Fischer* (phys. Wörterb. Th. V, p, 624), das Wetterleuchten unterscheide sich von den wahren Blitzen und Wetterstralen vorzüglich darin, dafs man auch in der gröfsten Nähe blos einen in die Breite und Länge sich ausdehnenden bald schwächern, bald hellern Lichtschimmer ohne allen Knall wahrnehme. — *Gehler* sagt, das Wetterleuchten sei dem Lichte ähnlich, das im Vacuo oder sehr verdünnter Luft (Vergl. oben Verhalten der Elektricität in verdünnter Luft) zwischen Metallplatten entsteht, die auf entgegengesetzte Art elektrisirt sind. — *Watson* beschreibt (*Philosoph. Transact. Vol. XLVII, p.* 367) dasselbe unter dem Namen Coruscation, und vergleicht es mit den Säulen und dem Glanze des Nordlichts. 1) — Auch *Fischer* behauptet (phys. Wörterb. B. V, p. 625), das Wetterleuchten zeige eine grofse Aehnlichkeit mit dem Nordlichte. — *Reimarus* (Neuere Bemerk. vom Blitze, Hamb. 1794, 8. §. 73) vergleicht das Wetterleuchten mit den elektrischen Strahlen, welche man bei unsern elektrischen Versuchen im Dunkel von einem Körper ausfahren sieht, der durch einen beständigen Zuflufs von Elektricität überladen wird, und doch keinen bestimmten Gegenstand findet, dem er dieselbe durch einen Funken mittheilen kann. *F. J. Blach* (Neue schwed. Abhandl. Th. I, 1780 d. teutschen Uebersetz. p. 97) erzählt von den niedern Küsten der Insel Sumatra, dafs sich daselbst fast jede Nacht von der Abenddämmerung an, bis zum Morgen, da das Tageslicht bemerklich sei, ununterbrochene stille Blitze zeigen. — Nach *Fischer* (a. a. O. p. 624) findet bei uns das Wetterleuchten vorzüglich Statt, wenn sich die Atmosphäre schon durch wirkliche Gewitter abgekühlt hat, und wird am meisten von der Abenddämmerung an bis zur Morgendämmerung bemerkt. An einigen Orten innerhalb der Wendekreise ist es, seiner Angabe nach, ein eben so gewöhnliches Phänomen, als das Nordlicht innerhalb des nördlichen Polarkreises. — *Lampadius* führt an (Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie, p. 150), er habe immer gefunden, dafs diese Erscheinung

1) Hierauf stützt sich zum Theil die Wahrscheinlichkeit, dafs das Nordlicht elektrischen Ursprungs sei.

in Teutschland von entfernten Gewittern herrühre. Blitze ohne Donner sollen 1785 in Frankfurt gezündet haben.

Eine andere elektrische Erscheinung bei Gewitterluft nennt man Wetterlichter, St. Elmus- oder Telmsfeuer, Gestirn der Helena, St. Nikolausfeuer (*Castor et Pollux*, *Ignis lambens*, *Feu saint Elme.*) Man bemerkt nemlich zuweilen bei Gewitterluft an den in der Luft erhabenen Körpern, besonders Metallen, an ihren Spitzen oder Ecken rauschende Flammen, welche eine Zeitlang ohne Schaden dieser Körper fortdauern. Vornemlich zeigt sich diese Erscheinung an den Spitzen der Mastbäume, an den hervorragenden Theilen der Schiffe bei Stürmen, an den Spitzen der Kirchthürme u. s. f. Schon *Plutarch* (in s. Lebensbeschreibung des Lysander) *Aristoteles*, *Homer*, *Seneca* (*Quaest. natur. Lib. I, cap. IV*), *Hirtius* (*de bello Africano*, *cap.* 47), *Livius* (*Cap. XXXII*), *Plinius* (*Histor. natural. II,* 37) erwähnen dieser Erscheinungen. — *Plinius* nennt sie Sterne, und meldet, daſs sie sich nicht nur an Mastbäume und andere Theile der Schiffe, sondern auch an die Köpfe der Menschen zu setzen pflegen. „*Exsistunt*", sagt dieser Autor, „*stellae et in mari terrisque. Vidi nocturnis militum vigiliis inhaerere pilis pro vallo fulgorem effigie ea: et antennis navigantium, aliisque navium partibus, seu vocali quadam sonu insistunt, ut volucres, sedem ex sede mutantes. Geminae autem salutares et prosperi cursus praenunciae; quarum adventu fugari diram illam ac minacem adpellatamque Helenam ferunt. Et ob id Polluci et Castori id numen adsignant, eosque in mari deos invocant. Hominum quoque capiti vespertinis horis magno praesagio circum fulgent.*" („Es giebt auf dem Meere und Lande Sterne. Ich sah, wie bei den nächtlichen Wachen der Soldaten ein Schein von dieser Form auf ihren Spieſsen vor dem Walle saſs. Eben so sitzen dergleichen auf den Segelstangen und andern Theilen der Schiffe, geben ein gewisses scharfes Geräusch von sich, und verändern, wie Vögel ihre Sitze ein Mal über das andere. Kommt dergleichen einzeln, so ist es eine böse Vorbedeutung, und deutet Schiffbruch an, kommen beide zugleich, so sind sie Glück bringend, und zeugen von einer erwünschten Fahrt. Man sagt, durch beider Ankunft soll die unglückbringende gefährliche Flamme, die man Helena nennt, verjagt werden. Deswegen schreibt man jene den Gottheiten des *Castor* und *Pollux* zu, und verehrt sie auf dem Meere als Götter. Oft befindet sich auch zu nächtlicher Weile ein Glanz dieser Art um den Häuptern der Menschen, der als Vorbedeutung wichtiger Ereignisse angesehen werden muſs.") *Seneca* meldet, „*Gylippo Syracusas petenti, visa est stella supra ipsam lancem constitisse. In Romanorum castris visa sunt ardere pila, ignibus scilicet in illis delapsis.*" („Als *Gylipp* nach Syracus reiste, setzte sich ein Stern auf seine Lanze. In dem Römischen Lager geriethen die Spieſse

von dem darauf gefallenen Feuer in Brand.") Beim *Cäsar* (vom afrikanischen Kriege im 6ten Kapitel der Amsterdammer Ausgabe, v. J. 1686) findet man dieselben einen heftigen Sturm begleitend. „ *Per id tempus fere Caesaris exercitui res accidit incredibilis auditu, nempe Vergiliarum signo confecto, circiter vigilia secunda noctis, nimbus cum saxea grandine subito est coortus ingens. Eadem nocte legionis V. pitorum cacumina sua sponte arserunt."*) („Es ereignete sich um diese Zeit bei Cäsars Armee eine ganz ausserordentliche Erscheinung. Im Monate Februar zog zur Zeit der zweiten Nachtwache plötzlich eine dicke Wolke herauf, die mit einem Hagel von Steinen begleitet war. In eben der Nacht sah man die Spitzen der Spiefse der fünften Legion ohne weitere Veranlassung brennen.") *Livius* sagt, „*In Sicilia militibus aliquot spicula, in Sardinia murum circum eunti vigilias equiti, scipionem, quem in manu tenuerat, arssisse, et littora crebris ignibus fulsisse.*" („Man sah die Spiefse einiger Soldaten in Sicilien, in Sardinien einen Stock, welchen ein um die Mauer die Runde machender Reiter in seiner Hand hielt, brennen. Auch waren die Ufer leuchtend und voll Feuer.")

Seit der Entdeckung des Compasses kommen diese Erscheinungen viel öfter vor; zur Zeit eines Gewitters werden die Seeleute fast immer ein helleres oder dunkleres Licht an den Masten und Segelstangen gewahr, das sie St. Elms Feuer nennen. Die Portugiesen nennen sie Corpo santo; die Holländer Vredevyer, die Engländer Comazanti; die Niederteutschen Weerlicht. Fünf oder mehrere heissen bei den Portugiesen Corona de nostra Senhora. (Krünitz Uebersetz. von Priestley's Geschichte der Electr., p. 252 ff.; Weigels Uebers. von Marats phys. Unters. über Elektr., p. 575 ff.; Gehlers phys. Wörterb. Th. IV, p. 741 ff.; Fischer's phys. Wörterb. Th. V, p. 624.) Die Schriftsteller neuerer Zeiten haben von diesem Phänomene häufig genug gehandelt, als *Conrad Gefsner Commentariol. de Lunariis, et obiter de aliis etiam rebus, quae in tenebris lucent*; *Tiguri*, 1555, 8.), der Ritter von *Forbin* (*Memoir. Amst.* 1730, *T. I, p.* 368; Hamburger Magaz. B. VII, St. 4, p. 425; bei Fischer a. a. O.;) *Reimarus* (vom Blitze, 32 bis 37 Erfahr. p. 425; Neuere Bemerk. vom Blitze, Hamb. 1784, p. 8, 170.) *Forbin* giebt folgende Beschreibung: „Im Jahre 16 5 zog sich plötzlich während der Nacht ein schweres Gewölk zusammen, wobei erschreckliche Blitze und Donnerschläge entstanden. Weil ich einen starken Sturm befürchtete, liefs ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr als 30 Feuer von St. Telmo. Eines unter andern befand sich oben auf dem Wetterhahne des grofsen Mastes, welches mehr als anderthalb Fufs hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinan, es hinunter zu bringen. Wie der Kerl oben war, schrie er, das Feuer mache ein Geräusch wie Pulver, das

man benetzt hat, ehe man es anzündet. Ich befahl ihm den Wetterhahn abzunehmen, und damit herunter zu kommen; aber kaum hatte er denselben von seiner Stelle genommen, so gieng das Feuer davon weg, und setzte sich auf das Ende des Mastes, ohne dafs man es davon hätte abbringen können. Es blieb dort ziemlich lange, bis es allmählig vergieng. Der gedrohete Sturm hatte weiter keine Folgen, als einen starken Regen, der einige Stunden dauerte, worauf wieder schönes Wetter eintraf." Der P. *Tachard* (Reise nach Siam, Amsterdam 1689 B. I, p. 36; Hamb. Magaz. B. VII, St. 4, p. 426) spricht gleichfalls von dergleichen kleinen in pyramidalischer Gestalt auf den Masten, den Segelstangen und den Kanonen sich zeigenden Flämmchen. *Forskål* giebt in einem Briefe an *Wilke* (Schwed. Abhandl. B. XXI, der Uebersetz. p. 163; Priestley's Geschichte der Elektr., d. Uebers. p. 253) folgende Nachricht: „Am Sonntage nach Ostern des Jahrs 1759, der auf den 22. April fiel, sah ich eine angenehme elektrische Erscheinung. Ich ritt um 10 Uhr Abends aus Upsal in einem ungewöhnlich starken Schneeregen, und unterwegs fieng ich an einen Schein zu sehen, der sich wie ein leuchtendes Würmchen am Ende meiner Spiefsruthe zeigte, die zasericht war, an dem dicken Ende der Spiefsruthe, an dem Aeussersten meiner Vorderhand, und an den Enden der Finger meiner Handschuh, wenn ich die Hand in den Wind hielt. Dies währte bis ich ans Zollhaus kam, wo das Licht im Fenster diesen schwachen Glanz verdunkelte." Er hat nachher seinen Correspondenten selbst benachrichtigt, dafs er dabei einen leuchtenden Punkt bemerkt habe, der frei in der Luft über dem Finger schwebte, und von dem sich ein zarter Feuerstral hinunter bis an den Finger selbst erstreckte. *Torbern Bergmann* handelt, (wie *Krünitz* a. a. O. anführt) von dem Elmsfeuer ausführlich in den Zusätzen und Anmerkungen zu seiner Antrittsrede: von der Möglichkeit den schädlichen Wirkungen der Gewitter vorzubeugen, welche im B. I des von *J. Carl Weber* übersetzten Schwed. Magazin stehet, p. 130 — 136, ausführlich. *J. G. Sponholz*, Prediger zu Lichen in der Ukermark, giebt von unserm Phänomene (in den nützlichen Beiträgen zu d. neuen Strelitzer Anzeigen, vom 7. März 1770) folgende Nachricht. Er war am 18. Febr. 1770 eine Meile nach Annenwald gefahren. Bei seiner Rückfahrt war der Himmel sehr stark mit Wolken überzogen. Er und sein Fuhrmann bemerkten zwei Mal einen schwachen Blitz. Es entstand der entsetzlichste Sturmwind. Aus Abend bekamen sie den fürchterlichsten Anblik, indem der Himmel mit den schwärzesten Wolken dort überzogen war; es kam ein gewaltiges Schneewetter, indem es schien, als würde der Schnee mit Schaufeln vom Himmel in Queerlinien herabgeschüttelt. Als sie noch etwa 50 Schritte von den Scheunen der Stadt entfernt waren, bekamen sie linker Hand, gegen Abend, einen Anblick, als wenn in der Stadt ein Feuer aufgienge. Die

Erscheinung war nemlich einer dem Ansehen nach 15 bis 16 füssigen und feurig scheinenden, etwas in die Breite gezogenen, hohen Säule gleich. Kurz darauf bemerkte der Fuhrmann oben an seinem Peitschseile Feuer, welches einem kleinen glimmenden Köhlchen glich. Der Pfarrer sah es ebenfalls, und in demselben Augenblicke wurde er auch verschiedene kleine und spitzig zugehende Flämmchen, ohngefähr ein halbes Glied lang, oben an den Spitzen der Haare seiner rauhen Mütze gewahr, welche daran spielten; bald waren drei, vier, fünf zu suchen, bald nur eins, bald waren sie hinten auf der Mütze, bald auf der rechten Seite, nemlich nach Morgen zu. Indem er sehr aufmerksam diesem Spiele zusah, und zugleich ein Geleise bei dem erschrecklichen Schneewerfen zu entdecken sich bemühete, meldete ihm der Fuhrmann mit den Zeichen der gröfsten Angst, dafs seine Pferde über und über mit Feuer gleichsam bestreut wären. Unversehens aber war er seines Vergnügens wieder beraubt; die Flämmchen waren auf ein Mal weg, ohne dafs er hätte wahrnehmen können, wo sie geblieben wären, so wie er auch ihre Ankunft nicht bemerkt hatte. In der Stadt wollte man auch Donner gehört haben. Es war etwa zwischen 7 und 8 Uhr Abends. — *Kästner* erzählt (Hamb. Magaz. B. VII, St. 4, p. 420) folgendes leuchtendes Phänomen auf einem Thurme zu Nordhausen. Am 2. Februar 1749 Abends gleich nach 6 Uhr bei einem starken Sturmwinde, welcher zu der Zeit mehr aus Mitternacht, als aus Abend kam, bei vielem Schnee und Schlossen zeigten auf dem Thurme zu St. Petri, nach *Lesser's* an *Kästner* eingeschikten Bericht, die obern Spitzen der Eisen, deren zehn waren, an welchen die Bretter angemacht wurden, worauf die Notenstücke zum Abblasen gelegt wurden, alle eine lichte Flamme; eines davon gegen Mittag, welches an der Ecke stehet, hatte am Knie, wo es gebogen war, eine Flamme, und oben auf der Schraube zwei Flammen. Die beiden lichten Flammen wurden etliche Mal mit einem Finger ausgelöscht; so bald aber die Hand des Auslöschenden wieder hinweg war, so fieng das Leuchten gleich wieder an. Das Licht zeigte nicht die geringste Wärme, und trat man in den Wind gegen ein solches Eisen, so leuchtete es so lange, bis man wieder aus dem Winde trat, nicht; dann aber entstand das Licht sogleich von Neuem wieder. Das Licht dauerte an den Eisen eine Viertelstunde hindurch, und war ganz bleich, gegen das Eisen zu, jedoch wenig blaulicht. Die Höhe der Flamme betrug anderthalb, und die Breite einen halben Zoll. Von dem Winde wurde die Flamme nicht bewegt, sondern stand immer gleich. Sie verbreitete einen Laut, dem ähnlich, den eine im Spinnengewebe hängende und summende Fliege hervor bringt. Ein Summen dieser Art soll man auch nach *Lesser's* Aussagen 1747 bei hellem Tage an dem angeführten Orte gehört, und bei einem starken Gewitter des Nachts das Eisen, das die drei Flammen gezeigt, auch hell geschienen haben. — Eine Erscheinung

dieser Art hat auch *de Lor* der Pariser Akademie der Wissenschaften (S. Utrecht. franz. Zeitung, St. 54, 7. Heumonats 1752, Artik. Paris, übers. im Hamb. Magaz. IX, p. 359) mitgetheilt. Auf dem Glockenthurme der Kirche zu Plauzat in Auvergne befand sich ein eisernes Kreuz ohne Malerei und ohne Firnifs. Die äussern Enden dieses Kreuzes, davon die Stange etwa 2 Fufs hervorragte, waren nicht rund, sondern fast wie die in dem ehemaligen französischen Wappen befindlichen Lilien gestaltet, mit scharfen Spitzen. So oft ein grofser Sturm, von dicken Wolken und häufigen Blitzen begleitet, eintraf, zeigte sich an jedem der äussern Enden dieses Kreuzes ein leuchtender Körper. Nach einer Sage von undenklichen Jahren her, ereignete es sich sehr selten, dafs der Donner zu Plauzat oder dort umher einschlug, wenn diese Erscheinung sich zeigte, oder zeigen wollte. Sobald sie bemerkt war, fürchtete man nichts mehr. Die drei leuchtenden Körper waren von verschiedenen Farben, wie der Regenbogen. Ihr Grund oder Untertheil war rund, und am obern Ende spitzten sie sich kegelförmig zu. Zuweilen dauern sie drittehalb Stunden, und widerstehen dem Regen, so häufig er auch fällt. Dieses wurde durch das Zeugnifs aller Einwohner von Plauzat, und einem Brief des dasigen Pfarrers *Binon*, der sich 27 Jahre dort aufhielt, und als ein sehr genauer Beobachter geschildert wird, bestätigt. — Als *Jallabert* der jüngere und *Saussure* auf einer Reise in die Alpen, die sie gemeinschaftlich machten, auf einem hohen Gebirge von einem Gewitter überfallen wurden, fuhren ihnen, wenn sie den Arm ausstreckten, Feuerfunken aus den Fingern; besonders häufig aber entbanden sich dieselben aus einem metallenen an *Jallaberts* Hute befindlichen Knopfe; zugleich fühlten sie die Empfindung, die künstlich elektrisirte Personen haben, aus denen man Funken zieht. Die Phänomene dauerten so lange, als das Gewitter, welches nach einer Viertelstunde aufhörte. (*Histoire de l'Acad. à Paris*, *an.* 1767, *p.* 33.) — *Nicholson* bemerkte (*Philosoph. Transact. XIV*, *p.* 351; Gehler's phys. Wörterb. B. IV, p. 743) einst Wetterlichter an den Ohren seines Reitpferdes, wobei viele andere Personen an ihren Pferden das nemliche gewahr wurden, und Einem der Kopf des seinigen ganz im Feuer zu stehen schien. — Am 16. August 1773 hat man an dem mit einer Ableitung versehenen Jacobithurme in Hamburg, und im Jahre 1776 an den Pulvermühlen zu Waltham in Essex ein Wetterlicht wahrgenommen. (Gehler's phys. Wörterb. B. IV, p. 744.) — *Gehler* sagt, (a. a. O. B. IV, p. 743) aus allen von *Reimarus* angeführten Erfahrungen ergebe sich, dafs die Wetterlichter gemeiniglich bei starkem Winde erscheinen, von demselben aber nicht bewegt werden, und dafs man sie als Zeichen eines abnehmenden oder sich zertheilenden Gewitters ansehn könne. *)

*) Hypothesen über das, was beim Gewitter und ähnlichen Phänomenen vorgeht. — Die Hypothesen über die Natur des Blitzes,

und das Entstehen des Blitzes findet man bei Elektricität der Luft, B. II, p. 307 ff. und 316) ff. in den Noten. — Dafs der Donner, (Donnerknall, Tonitru, Tonnerre), wie ein anderer Schall durch Erschütterung der Luft hervorgebracht werde, davon hielten sich schon die Alten überzeugt. Nur über die Veranlafsung dieser Erschütterungen waren ihre Meinungen verschieden. *Seneca* (*Quaest. natural. II. p.* 16) ist der Meinung, es seien die Gewitterwolken grofse Blasen voll Luft, welche zuweilen platzen, und so die eingeschlossene Luft auf ein Mal fahren lassen. *Descartes* (*Meteor. cap.* 7) nimmt an, die Wolken bestehen aus blofsen Schneetheilchen. Weil er nun auf den Alpen selbst gehört hatte, dafs die grofsen Schneelavinen, welche von den Bergen herab in die Thäler rollen, ein dem Donner ähnliches Krachen verursachen, so glaubte er, der Donner werde durch den Fall oder das Herabstürzen einer Wolke auf die andere verursacht; der Blitz aber sei die Entzündung der feuerfangenden Theilchen, welche in der Luft zwischen den fallenden Wolken schwebten, und durch das bei der Zusammenpressung entstehende Reiben entzündet würden. Andere haben den Donner für das Poltern grofser in der Luft an einander stofsender Eisschichten erklärt. Viel abentheuerliche Meinungen über Blitz und Donner erzählt *Schott* (*Physica curiosa*, *Herbip.* 1667, 4, Lib. XI, cap. 21). Seitdem die Aehnlichkeit des Blitzes mit dem elektrischen Funken und Schlage ausser Zweifel gesetzt war, erklärte man gewöhnlich den Donner für eine Erschütterung der Luft, die durch den Ausbruch des Blitzes und durch die auf seinem Wege vorgehenden Durchbrüche und Explosionen verursacht wird, wobei man die Analogie für sich hatte, dafs jeder Ausbruch eines elektrischen Funkens oder Schlages einen Laut giebt. Indessen dauert bei den gewöhnlichen elektrischen Versuchen dieser Schall nur einen Augenblick, da er bei dem Donner, wie im Texte angeführt, von einiger Dauer ist. *Gehler* bemerkt aber (phys. Wörterb. Th. I, p. 590) dieser Unterschied hebe die Gleichheit zwischen dem Donner und dem Platzen eines elektrischen Schlages keineswegs auf. Es seien mehrere Beispiele vorhanden, in denen der Knall des Donners als einfach gehört worden sei; dann gebe es auch viele Umstände, die theils dem Knalle des Donners an sich eine Dauer geben, theils auch verursachen können, dafs ein an sich einfacher Knall wie ein anhaltendes Getöse gehört werde, so können mehrere schnell auf einander folgende Blitze oder der Durchgang eines Blitzes durch mehrere in einer Reihe liegende Wolken einen vervielfältigten Donner hervorbringen. Wenn der Blitz in ein Gebäude einschlage, oder sonst einen Körper treffe, wo er an verschiedenen Orten schmettern oder Sprünge machen

chen müsse, so lasse sich zwischen diesen successiven Explosionen ein geringer Zwischenraum der Zeit bemerken, und es entstehe ein rasselnder vielleicht eine halbe Stunde anhaltender Laut, der dem Schalle beim Zerreiſsen eines Papiers ähnlich sei, und sich von dem Wiederhalle in der äuſsern Luft sehr deutlich unterscheiden lasse. Diese und mehrere ähnliche Ursachen können dem Knalle des Donners an sich eine kleine Zeitdauer geben. Aber auch ein einfacher Knall könne aus zwei Ursachen als ein anhaltendes und dauerndes Getöse gehört werden. Die erste der Ursachen sei der Wiederhall. Die verschiedenen Flächen der Wolken, und der Gegenstände auf der Erde, werfen den Schall auf so mannigfaltige Art, und aus so mancherlei Entfernungen zurück, daſs nothwendig ein merklicher Zeitraum verflieſsen muſs, ehe die ganze hieraus entstehende Wirkung geendigt ist. Daher sei das Brüllen des Donners in gebirgigten Gegenden weit anhaltender und fürchterlicher, als auf dem platten Lande. Wer die Wirkungen des Echo in gebirgigten Gegenden nur ein Mal gehört habe, werde nicht mehr zweifeln können, daſs dieses die wahre und vornehmste Ursache von dem anhaltenden Getöse des Donners sei. Auf dem Oybin bei Zittau in der Oberlausitz (*Leske* Reise durch Sachsen p. 501) habe er selbst den Knall eines kleinen Mörsers durch das Echo zu einem Getöse vervielfältigt gehört, welches den stärksten und anhaltendsten Donner nachahmte. Noch eine andere Ursache liege darin, daſs sich die Stellen, durch die der Blitz fortgehe, und in welchen er Explosionen errege, in verschiedenen Entfernungen von demjenigen befinden, der den Donner hört. Ist also gleich der Blitz in einem einzigen Augenblick vorüber, so wird doch der in der nähern Stelle entstandene Knall merklich eher gehört, als der gleichzeitige Knall in der entferntern Stelle, und so dehne sich der ganze Donnerschlag durch den Zeitraum aus, um den der Schall von der nächsten Stelle im Wege des Blitzes eher zum Ohre gelangt, als von der entferntesten. Eine ähnliche Erklärung geben *Erxleben* (Anfangsgründe der Naturlehre, sechste Auflage von Lichtenberg, p. 722 §. 752.); *Donndorf* (Lehre von der Elektric. B. II. p. 558); *Hobert* (Grundriſs des math. und chem. mineral. Theils der Naturl. p. 182). *Marat* wendet (Physische Unters. über Elektricität Weigels Uebers. p. 566) gegen diese Hypothese ein, man finde daſs der Blitz eine viel zu geringe Ursache für eine so groſse Erschütterung der Luft, als die Stärke des Donnerschalls erfordere, sei, wenn man die Stärke der Erschütterung nach der Kleinheit der Säule, beurtheile, welche der Strahl aus dem Wege treibe, und die Kleinheit dieser Säule nach der, welche der Strom vertreibe, der von einer starken,

übermäſsig geladenen Batterie, oder, welches noch besser sei, durch den angeblichen Kinnersleyschen Wärmemessers (S. unter atmosphärischer Luft und Elektricität den Abschnitt: Ausdehnung der Luft durch Elektricität) ausfahre. Die Erschütterung der knallenden Stoffe sei aber sehr stark. Er glaubt demnach, daſs der Donnerknall von der Verpuffung der entzündlichen Dünste herrühre, welche von den auf der Erde verwesenden organischen Körpern aufsteigen, und durch den aus der Gewitterwolke fahrenden Strahl angezündet werden. Indem sich diese Dünste auf ein Mal ausdehnen, stoſsen sie, seiner Erklärung zufolge, ein groſses Volumen von Luft mit Ungestüm nach Auſsen, welches wieder auf die Lagen stöſst, von denen es umgeben wird; jede Erschütterung wird nun der Schallflüssigkeit eine nach der andern mitgetheilt, und aus ihrem Eindrucke auf das Gehör, entsteht das schmetternde Krachen. Wenn sich also, so fährt er fort, eine groſse Menge dieser Dünste auf einmal entzündet, so hölt ihr plötzliches Verknallen einen Abgrund in das Innere des Dunstkreises, die ungestüm gestoſsene Luft bewegt sich in Wirbelwinden, und ihre auf einander stürzende Wellen scheinen, indem sie mit einem Getöse fortrollen, das Gewölbe der Himmel zu erschüttern. *Weigel* meint (in s. Anmerk. hiezu), es sei am sichersten, beide Meinungen mit einander zu vereinigen. „Man kennt," sagt er, „den Knall des elektrischen Funkens aus einer starken Batterie; das schmetternde Krachen eines in der Nähe einschlagenden Blitzes hat mit dem Geräusche eines durch unterbrochene Leiter gehenden elektrischen Schlages viele Aehnlichkeit; zuweilen hört man aber auch dieses Schmettern nicht, sondern nur einen einfachen Knall, manches Mal wie von einem Schusse aus einem mit bloſsem Pulver geladenen Gewehre. Man kennt die heftige Verpuffung der Knallluft bei ihrer Entzündung; man findet Beispiele der knallenden Entzündung solcher Luft, wie auch entzündliche Dämpfe in Bergwerken und anderwärts durch ein nahe gekommenes Licht aufgezeichnet; es kann an derselben sowohl oben im Dunstkreise (wegen ihrer Leichtigkeit) als unten an der Erde nicht fehlen; sie kann also auch, wenn sie gehörig mit gemeiner Luft gemischt ist, durch den Blitz mit einem Knalle entzündet werden, dieser vielfach von einem Blitz erfolgen, wenn solcher und gedachte Entzündung zwischen mehreren Wolken erfolgen, nach deren verschiedener Entfernung und der Stärke einzelner Knalle, die Stärke des Donners abwechseln, aber auch derselbe durch den Wiederhall unten an der Erde vervielfältigt werden." — *Karsten* meint (Anleitung zur gemeinnützigen Kenntniſs der Natur, Halle 1783 p. 750) da aus einer etwas groſsen stark

geladenen Flasche der Erschütterungsfunke schon mit einem ziemlichen Geräusch hervorbreche, so könnte man wohl annehmen, dafs der so viel stärkereKnall des Donners nur eine Folge davon sei, dafs mit dem Blitze eine ungemein viel gröfsere Menge des elektrischen Feuers aus der Gewitterwolke auf ein Mal hervorbreche, als mit den stärksten elektrischen Funken selbst aus einer starken elektrischen Batterie zugleich heraus schlage; überlege man indessen, wie grofs die Menge der entzündbaren Luft sei, die während der wärmern Jahrszeit erzeugt werde, und erinnere sich dabei, dafs sich eben diese Luft, wegen ihrer gröfsern Leichtigkeit in die obern Regionen begeben müsse, so leite dieses sehr natürlich auf die Vermuthung, dafs der oft äufserst heftige Donnerknall zugleich die Wirkung einer durch den Blitz entzündeten brennbaren Luft sein könne, wovon man wisse, dafs sie, mit einer reinen Luft vermischt, eine sehr starke Platzung verursache. — *C. R. Busse* (Beruhigung über die neuen Wetterleiter, Leipzig 1791, 8. p. 35) erinnert, man müsse sich unter dem Blitze eine erstaunende Feuermasse vorzustellen wissen, wenn man die blofse Zertheilung der Luft zureichend finde, einen so volltönenden Schall hervor zu bringen. Die neuern Einsichten berechtigen uns vielmehr anzunehmen, dafs eine gewisse Donnerluft dafür entwickelt werde; selbst die ältern Physiker hätten uns ausdrücklich erinnert, dafs der Donner nicht durch blofse Erschütterung der Luft ohne Hülfe einer knallenden Materie zu erklären sei. Auch der Hofrath *Lichtenberg* (a. a. O. bei Erxleben) sagt, es herrsche hiebei noch sehr viel Ungewifsheit, und es scheine fast, als ob man, um die Natur des Donners ganz zu erklären, ausser dem Knall, welcher den elektrischen Funken begleite, und den Folgen des Echo's noch andere Gründe zu Hülfe nehmen müsse, die noch nicht ganz deutlich seien. — Nach Herrn *de Luc's* Vermuthung (Ideen über die Meteorologie, Th. II, §. 649) entstehen Blitz und Donner im Luftkreise durch plötzliche Hervorbringung einer Menge vom elektrischen Fluidum, welches explodirt, weil es mit einem hohen Grade von Dichtigkeit entsteht, auf welchen es sonst durch kein physisches Mittel gebracht werden könnte. In einem Briefe an *de la Metherie* (Siebenter Brief an Herrn de la Metherie über die Schwierigkeit in der Meteorologie, in Gren's Journal der Physik, B. IV, p. 287, §. 23) hat er besonders gegen die gewöhnlichen Erklärungen wichtige Gegengründe aufgestellt. Er sieht die Ursachen, die man gewöhnlich zur Erklärung des Donners anführt, als ein Beispiel an, wie sehr man in Irrthum gerathen könne, wenn man beim Donner alles aus der Aehnlichkeit der elektrischen Versuche erklären wolle. Aus der Hypothese, dafs die Wolken gleichsam

geladene Conductoren wären, glaube man den Donner durch eine Entladung derselben zu erklären; dafs aber der Schall anhaltend sei, suche man dadurch begreiflich zu machen, dafs der Blitz in Vergleichung der Zeit, die der Schall gebrauche, um eben diese Räume zu durchlaufen, unendlich geschwind sei. Daher müsse von den verschiedenen Stellen der entladenen Wolke der Schall nach und nach zum Ohre gelangen, wo wir gleich den Blitz zu gleicher Zeit wahrnehmen. *De Luc* meint, diese Erklärung würde allerdings Beifall verdienen, wenn das Rollen des Donners immer schwächer und schwächer werde; da es aber bald schwächere bald stärkere Stöfse verursache, so werde dadurch jene Hypothese sehr unwahrscheinlich. Ausserdem habe man nicht ein Mal daran gedacht, dafs diese besondere Hypothese die allgemeine ganz vernichte. Denn wenn sich die elektrische Materie von Wolke zu Wolke ins Gleichgewicht setzen könnte, so lasse sich unmöglich einsehen, wie Wolken positive und negative Elektricität besitzen können, und doch eine zusammenhängende Masse von Gewitter ausmachen sollten. Die Hypothese, dafs das vielfache Echo der Wolken den rollenden Donner zu Wege bringe, stimme mit der wirklichen Folge, die man beim Geräusch des Donners beobachte, gar nicht überein, und habe besonders noch das Auffallende, dafs man blofsen Nebeln, wie die Wolken sind, eine Fähigkeit beilege, den Schall zu reflectiren. Herr *de Luc* meint, es bilde sich vielleicht in dem Augenblicke, da die elektrische Materie aus den in der Wolke enthaltenen Bestandtheilen zusammen gesetzt werde, ein eben so grofser Ueberflufs von heissem Wasserdunste, welcher in verschiedene Massen getheilt sei, und anfänglich weit mehr Raum einnehme, als die Luft, woraus er entstanden. Diese Massen werden vielleicht nachher, wenn sie bei ihrer Abkühlung unter dem Grade der Hitze des Siedpunkts in diese Höhe kommen, durch den Druck der Luft plötzlich zersetzt, welche das Wasser davon unter der Gestalt des Nebels zerstreue. Diese Erklärung gründe sich auf die Verwandlung der dephlogistisirten und brennbaren Luft in Wasser, wo ebenfalls erst Ausdehnung, und alsdann Zerstörung aller Ausdehnbarkeit Statt finde, und dann auf mehrere andere Phänomene des Wasserdampfs. Dadurch würde sich zugleich die Verdickung der Wolken und die darauf folgende Entstehung des Regens erklären, welcher gewöhnlich nach starken Donnerschlägen entsteht. Nach dieser Erklärung entsteht also der Knall des Donners durch eine Explosion, der Luft, indem sich die elektrische Materie, welche plötzlich in grofsem Ueberflusse erzeugt wurde, durch den Druck zersetzt, ihr Licht fahren läfst, und dadurch den Blitz hervorbringt; das Rollen des Donners aber besteht in

einer Succession der Zersetzung verschiedener einzelner Massen von Wasserdampf, der aus der Luft erzeugt wurde. Durch diese plötzliche Zersetzung des Wasserdampfs entstehen leere Räume, in die die Luft mit Gewalt eindringt, und dadurch einen Schall bewirkt. Nachdem nun die zerstreuten Dunstmassen entweder gleichförmig auf eine weite Strecke fortgehen, oder gröfsere oder kleine Haufen bilden, so ist mit dem Schall ein anhaltendes Rollen mit stärkern oder schwächern Schlägen verbunden. Das durch die Zersetzung entstandene Wasser fällt alsdann als Regen herab.

Girtanner sagt (Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie, Berlin 1795, 8. p. 246 f.), das Geräusch des Donners ist nicht der Lärm einer elektrischen Explosion, und das Rollen des Donners ist nicht das Echo dieser Explosion. Die Wolken sind nicht im Stande, Widerstand zu thun, und den Schall zurück zu werfen, wie feste Körper zu thun pflegen. Ein Kanonenschufs auf dem Meere, weit vom Ufer, wird nur ein Mal und ohne Rollen gehört; hingegen rollt der Donner auf dem Meere wie auf dem Lande. Könnten die Wolken den Schall zurückwerfen, und ein Echo verursachen, so müfste auch auf dem Meere ein Kanonenschufs zurück geworfen werden. So oft plötzlich eine grofse Wolke entsteht, so oft entsteht auch Blitz und Donner. Wenn im Sommer bei trocknem und warmem Wetter der Wind nach Südwest sich drehet, so hört man einen Donnerschlag, und gleich ist der heitere und reine Himmel mit Wolken bedeckt. So wie das Gewitter sich nähert, und die Donnerschläge auf einander folgen, entstehen mehr und mehr neue Wolken, welche vorher nicht da waren, und welche von dem Winde nicht hergebracht sind. Bald wird die Luft um den ganzen Horizont undurchsichtig; es entsteht ein Regen, welcher mit der Anzahl und der Stärke der Donnerschläge im Verhältnisse steht; und die Entstehung der Wolke sowohl, als der Regen, hört nicht eher auf, als bis der Donner aufgehört hat. Man hat viele Beobachtungen vom Donner bei ganz heiterm und unumwölkten Himmel; der Donner ist demnach nicht eine Folge des Blitzes, sondern die Folge der Entstehung einer grofsen Wolke. Indem sich das Wassergas in der Atmosphäre durch plötzliche Erkältung in Wasser verwandelt, nimmt es einen 900 Mal kleinern Raum ein, als vorher; es entsteht ein Vacuum; die obern Schichten und die Nebenschichten drängen sich zu, und füllen den leeren Raum an; und indem sie auf einander fallen, entsteht das Geräusch. Eben dieses geschieht täglich im Kleinen, wenn man ein Etui aufmacht, dessen Deckel gut pafst. Indem sich der Deckel über den Verstofs hinbewegt, wird die innere Luft ausgedehnt, und sobald das Etui geöffnet ist, dringt die äufsere

Luft schnell hinein, um den leeren Raum auszufüllen, und so entsteht das Geräusch, das man hört. So knallt auch eine Peitsche, denn der Zwick der Peitsche, welcher platt und löffelförmig ist, wird schnell zurück gezogen, er reifst eine kleine Menge Luft mit sich, es entsteht ein Vacuum; aus der umgebenden Luft schlägt sich etwas Wasser nieder; es entsteht eine kleine Wolke, welche man sieht, wenn der Hintergrund dunkel ist; die umgebende Luft drängt sich zu, um den leeren Raum auszufüllen, daher das Klatschen. Mit einem ähnlichen Geräusche zerplatzt die Blase auf der Glocke der Luftpumpe. *Fischer* sagt (phys. Wörterb. Th. I, p. 701), die Erklärungen über das Entstehen des Donners und des Rollens desselben zeigen hinlänglich, dafs wir noch nicht mit aller Gewifsheit die wahren Gründe gefunden haben; offenbar beweisen sie aber auch, dafs die ehemalige Erklärung völlig unzureichend sei. Ihn befriedige *de Luc's* Erklärung mehr, als die antiphlogistische (von Girtanner angeführte). Denn die Aehnlichkeit des Blitzes mit dem elektrischen Funken sei unwidersprechlich bewiesen; und da die Luft ein nicht leitender Körper sei, so müsse bei der Entstehung des Blitzes auch ein Knall erfolgen. Dafs man beim heitern Himmel Donner gehört habe, könne durch starke Windstöfse in den obern Regionen verursacht sein, obgleich in den untern Regionen Windstille war. Mit diesen starken Winden konnte aber auch zugleich Zersetzung der Luft verbunden sein, woher die Wolken. Nur bleibe ihm noch immer unerklärbar, dafs es bei Gewittern, die so zu sagen, im Zenith entstanden seien, und ganze halbe Stunden lang Blitz auf Blitz, und Schlag auf Schlag gegeben haben, auch keinen einzigen Tropfen geregnet habe; man müfste denn annehmen, dafs bei jedesmaliger Zersetzung der Wasserdämpfe das Wasser in Luftschichten gekommen wäre, welche es wieder in Dampf der höhern Temperatur wegen verwandelt hätten. — Auch *Gehler* sagt (a. a. O. B. IV, p. 741) es werde aus dem vollen dichten Tone des Donners sehr wahrscheinlich, dafs dabei eine grofse Menge einer elastischen Materie plötzlich entwickelt werden und explodiren müsse, weil die blofse Zertrennung der Luft durch den Fortgang des Blitzes fast zu schwach scheine, einen Knall von dieser Art und Heftigkeit zu erklären. — *Lampadius* erzählt (Systematischer Grundrifs der Atmosphärologie, p. 151), einige genauere Beobachtungen beim Donner haben gezeigt, dafs man mit der Erklärung, der Blitz wirke in Hinsicht auf den hervorgebrachten Schall wie ein starker elektrischer Funke, nicht ausreiche. Vorzüglich habe Herr *C. R. Busse* darauf aufmerksam gemacht, dafs das Rollen des Donners weit tiefer gestimmt sei, als der Ton der elektrischen Explosion. Dies hält Herr

Lampadius für noch merkwürdiger, als das bald stärker werdende, bald sich vermindernde Rollen des Donners. Letzteres habe wohl seinen Grund in der Verschiedenheit der Erdoberfläche, über welche die Lufterschütterung fortgeht, die bald mehr bald weniger Echo erregend sei, wie man bei dem Abschiefsen der Geschütze in gebirgigten Gegenden bemerke; aber nie könne dieses Echo den Ton tiefer stimmen. Ausser dem durch den Funken erregten Geräusche seien nun folgende Knall erregende Ursachen: a) Das schnelle Zersetzen ganzer Luftschichten; b) die schnelle Zersetzung mancher Wolken, wodurch plötzliche Verdünnung der Luft entstehe. Endlich könne auch zuweilen c) eine neue Wasserzerlegung durch den elektrischen Funken und Wiederentzündung der aufsteigenden brennbaren Luft einen von dem durch den Funken erregten verschiedenen Knall hervorbringen. In Gebirgen rolle der Donner des häufigen Echos wegen heftiger, als in den Ebenen. — Die Hypothesen über die Entstehung der wässerichten Niederschläge s. bei Meteorologie Abschn.: Wäfsriger Niederschlag. — Der Wind erregenden Ursachen sind bei dem Gewitter mehrere vorhanden. *Lampadius* führt (Atmosphärologie, p. 155) folgende an: Abkühlung der Luft, Luftzersetzung, Luftbildung, Ausströmen elektrischer Materie. (Vergl. Th. I, B. II, p. 299 ff.) Bei den Gewittern, welche sich, wie man zu sagen pflegt, in Wind auflösen, geht nach L. vielleicht elektrische Materie nach und nach an die halb trockne Luft, und verursacht dadurch Luftbewegung.

Das Wetterleuchten halten fast alle Naturforscher einstimmig für ein elektrisches Phänomen, das mit dem Blitze eine Quelle hat, mit dem Unterschiede, dafs die die Explosion veranlassenden Ursachen dabei im mindern Grade wirksam sind. Dem *Reimarus* (Neuere Bemerk. vom Blitze, §. 73) scheint das Wetterleuchten eine fortgesetzte Anhäufung der Elektricität in der Wolke zu sein, welche sie, wenn kein leitender Körper innerhalb der Schlagweite zugegen ist, zerstreut in die Atmosphäre aussendet.

Seitdem der Blitz als ein elektrisches Phänomen anerkannt wurde, hat man auch das St. Elmsfeuer für eine solche Erscheinung gehalten. Man war allgemein der Meinung, dafs die in der Luft angehäufte elektrische Materie durch die Gegenstände, an denen man das Feuer wahrnahm, zur Erde geführt werde. Herr *Reimarus* aber (a. a. O.) hält die Wetterlichter nicht sowohl für ein Zeichen des Abzugs der elektrischen Materie aus der Wolke selbst, oder ihrem Wirkungskreise, als vielmehr für eine Gegenwirkung auf häufige in der Luft oder den Dünsten zerstreute, elek-

trische Materie, etwa so, wie man durch Spitzen, die von einem elektrisirten Körper ausgehen, die Luft im Zimmer, besonders wenn viele Dünste darin schweben, elektrisiren kann. Die Seltenheit ihrer Erscheinung, meint *Fischer* (a. a. O. Th. V, p. 627) könnte man vielleicht daraus erklären, dafs zu ihrer Entstehung eine negative Elektricität in der Luft erfordert werde, welche nicht so häufig, als die positive vorkomme, weil die elektrischen Versuche lehren, dafs die Feuerbüschel an Spitzen ein entgegengesetztes — E anzeigten.

Nutzen der Gewitter. — Die wohlthätigste Wirkung derselben ist ohne Zweifel die Zersetzung, die sie in der Atmosphäre hervorbringen. Die Luft der untersten Atmosphäre ist mit einer Menge fremdartiger ponderabler Theile erfüllt, die allmählig die reinere Luft in die Höhe treiben. Daher kommt wohl gröfstentheils die Bangigkeit, die vor jedem Gewitter vorhergeht, und der dumpfe erschlaffte Zustand, in dem dann Alles versunken scheint. Beim Gewitter werden nun wahrscheinlich die heterogenen Theile (die Aelteren hielten sie gröfstentheils für überflüssige schweflichte Dämpfe) aus der Luft niedergeschlagen, so, dafs sich die die Atmosphäre constituirenden Ingredienzen in dem heilsamern Verhältnisse inniger vermischen. Die erfrischende Kühle, die theils eine Folge der verdünnten Luft, auf welche das Licht nicht mehr so, wie auf die dickere zu wirken vermag, theils des Aufwands von Wärme, der sogleich wieder für den reichlich gefallenen Regen gemacht wird, sein mag, belebt den Menschen mit neuem Muthe, voll Hoffnung zu den Sternen des wiedergereinigten Himmels hinauf zu schauen. Der bei dem Gewitter gefallene Regen scheint dem Pflanzenorganismus viel erspriefslicher, als ein anderer zu sein; wozu noch hinzu kommt, dafs ein solcher Regen manchen Insekten sehr nachtheilig ist. (Ahlwardts Brontotheologie, p. 155 ff. § 46; Wolff von den Absichten natürl. Dinge, p. 320 ff.; *la nature de la formation du Tonnère, par Mr. l'Abbé Poncelet, à Paris* 1766, 8.; Donndorf's Lehre von der Elektricität, B. II, p. 581; Schelling's Ideen zur Naturphilosophie, zweite Ausgabe, p. 183.)

Atmosphärische Luft, Elektricität und Wärme.

Erhitzte Luft ist ein guter Leiter der Elektricität. (Bohnenberger's Beschreibung seiner Elektrisirmaschine, Th. IV, p. 156; Voigt in s. Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. V, St. 3, p. 127; Aldini in Gilbert's Annalen der Physik, B. IV, St. 4, p. 419, und *Brugnatellis Annali di Chimica*, T. XIII, p. 135; Halles fortgesetzte Magie, B. III, p. 67.) 1)

Canton

1) Hierauf gründen sich die Phänomene, dafs eine starke Hitze der Anhäufung der Elektricität in den Körpern, dem Elektrisiren, nachtheilig ist, welches schon *du Fay* bemerkte, und dafs die specifische Elektricität der Luft bei kaltem Wetter stärker, als bei warmem zu sein pflegt. (Vergl. den Artikel Luftelektricität, B. II, p. 307 f. und p. 334 f.)

Canton zeigte, daſs trockne Luft, die erwärmt wird, negativ, und wenn sie erkältet wird, positiv elektrisch werde, und daſs dieses selbst in den Fällen Statt finde, in denen sie sich weder zusammenziehen noch ausdehnen kann. (Thomson's System der Chemie, Wolff's Uebersetzung, B. III, Abtheilung 2, p. 145.)

Atmosphärische Luft und Galvanismus.

Leitungsfähigkeit. — Die atmosphärische Luft in ihrem gewöhnlichen Zustande der Dichtheit isolirt das galvanische Agens. (Fischers phys. Wörterbuch, Th. I, p. 993.) *Huth* will beobachtet haben, daſs, wenn auch nur um die Breite eines Menschenhaars, und weniger, die Glieder der den Galvanismus leitenden Kette und die Röhrhaken von einander abstehen, die kleine zwischenbefindliche Luftscheibe die galvanischen Wirkungen schon beträchtlich schwächt.

Daſs die verdünnte Luft kein galvanischer Leiter sei, behaupten *Volta* (*Annales de Chimie, T. XXXX, p.* 225; Gilbert's Annalen, B. X, St. 4, p. 423; Voigt's Magaz. f. d. neuest. Zustand der Naturk. B. IV, St. 2, p. 254.) *Ritter* (Voigt's Magaz. B. II, St. 2, p. 366) und Andere (Vergl. allgem. verbreitet. Potenzen, B. I, p. 74.) Es scheint indessen folgender vom Professor *Erman* angestellte Versuch zu beweisen, daſs auch der im höchsten Grade luftverdünnte Raum recht gut leite. Eine Barometerröhre, die sich oben in eine Kugel von einem Zoll Durchmesser erweiterte, worin ein Platindraht hermetisch hinein reichte, wurde mit Quecksilber angefüllt, so genau, wie ohne Auskochen möglich war, von Luft gereinigt, und in ein isolirtes gläsernes Gefäſs umgekehrt, so, daſs ein Torricellischer Raum von 6 Zoll Röhre, und die Kugel darin entstand. Nun verband er ein Elektrometer mit dem Quecksilber des Gefäſses, und den obern Platindraht, der in den luftleeren Raum hineinragte, mit einem Pole der Säule. Die ableitende Berührung des andern Pols gab augenblicklich sehr starke Divergenz. Um genau zu erfahren, ob die Zuleitung nicht durch die äussere Fläche der Röhre geschehe, berührte er diese ableitend; die Divergenz wurde etwas vermindert; es blieb aber eine sehr beträchtliche übrig, die nur auf Rechnung des innern Raums der Röhre zu bringen war. (Gilbert's Annal. der Physik, B. XI, p. 163 f.; Trommsdorff's Handb. der Chemie, B. V, p. 155.)

Gegenseitiges Verhalten der atmosphärischen Luft und des Galvanismus in Hinsicht auf Mischungsveränderungen. — *Hal-*

dane setzte eine Voltaische Säule, die aus 40 halben Kronen, eben so vielen Zinkplatten, und aus Scheiben, die in reinem Wasser genäfst waren, bestand, unter eine 15 Zoll hohe, und 5,5 Zoll weite Glasglocke, die mit atmosphärischer Luft gefüllt war. An den Enden der Säule waren Messingdrähte, und mit diesen wurden Kupferdrähte verbunden, die durch das Wasser, welches die Gasarten sperrte, aus den Glocken hinaus in Glasröhren voll reinen Wassers giengen, das mittelst ihrer zersetzt werden sollte. Die Säule erzeugte an den Enden der Kupferdrähte wie gewöhnlich Oxyd und Gas, obgleich nicht in solcher Menge, als bei freiem Zutritt der Luft zur Säule. Nach 20 Stunden erneuerte er die Drähte, welche die Säule mit ihren Glasröhren verband; sie erzeugten aber jetzt nur ein schwaches Wölkchen im Wasser. Das Wasser, welches die Glocken sperrte, war in ihnen höher angetreten; ein offenbares Zeichen, dsfs sich die anfängliche Gasmenge in den Glocken vermindert hatte. Die chemische Untersuchung zeigte ihm, dafs aus der atmosphärischen Luft Sauerstoffgas absorbirt sei. (Gilbert's Annal. der Physik, B. VII, p. 211; Trommsdorff's systematisches Handbuch der Chemie, B. V, p. 71.) *Humphry Davy* fand (bei Gilbert B. VIII, p. 19), dafs, als eine kleine Voltaische Säule in einem Glase, welches ohngefähr 21 Cubikzoll atmosphärischer Luft enthielt, zwei Tage gestanden hatte, die Luft um ein Sechstel vermindert war. Der Rückstand roch, als man ihn in die atmosphärische Luft entweichen liefs, nach Ammonium, und als man die Säule über Salzsäure hielt, bildeten sich dichte weifse Wolken. In einem zweiten Versuche blieb die Säule drei Tage lang in einer gleichen Menge atmosphärischer Luft; der Rückstand verminderte sich jetzt nur sehr wenig mit Salpetergas, liefs sich auch mit atmosphärischer Luft nicht entzünden. *Biot* setzte unter eine cylindrische Glasglocke auf ein an eine pneumatische Wanne befestigtes Fufsgestell eine aus 39 Zink- und eben so vielen Kupferplatten von der Gröfse eines französischen Thalers zusammengesetzte Säule, ohne ihre beiden Enden mit einander in Verbindung zu bringen, und beobachtete, dafs das Wasser in dem Apparate um 0,02 Mètres innerhalb 5 ¼ Stunden anstieg. Er nahm dieselben Platten, nachdem er sie gereinigt hatte, brachte die nemlichen Stücke Tuch mit neuer Auflösung befeuchtet mit ihnen in Verbindung, errichtete die Säule auf die nemliche Art, wie das erste Mal, und versetzte sie in dieselben Umstände, nur dafs er dieses Mal beide Enden mit einander in leitende Verbindung brachte. Das Wasser erhob sich um 0,02 Mètres binnen anderthalb Stunden. Auch fernerhin war das Ansteigen des Wassers bei geschlossener Kette weit beträchtlicher, als bei unterbrochener Communication der Enden. Die Oxydationen folgten demselben Gesetze. Er wiederholte den Versuch mit zwei Säulen, deren jede aus 22 kleinen Zinkplatten und 22 Centimen (eine kleine Kupfermünze,

etwa von der Gröfse eines preussischen Groschens) zusammengesetzt war, brachte beide zugleich unter ähnliche Glocken auf derselben pneumatischen Wanne, und erhielt dieselben Resultate, als im vorigen Falle. Die Säule mit geschlossener Kette brachte das Wasser in sieben Viertelstunden zu derselben Höhe, wie die andern in 11 Stunden, und dasselbe Verhältnifs beobachteten beide Säulen während der ganzen Dauer des Versuchs. Am Ende von 13 Stunden war das Wasser um 0,045 Mètres in der erstern, und nur um 0,015 Mètres in der andern gestiegen, und als endlich die Absorbtion aufhörte, betrug sie 0,065 in der ersten, und 0,035 in der zweiten. Als er die beiden Säulen mit einander verglich, bemerkte er eine ohne Vergleich stärkere Oxydation in der Säule mit geschlossener Kette. (Gilbert's Annal. B. X, St. I, p. 3; Trommsdorff's systematisches Handbuch der Chemie, B. V, p. 217.) *Böckmann* bediente sich zu Versuchen dieser Art einer Zink-Silbersäule von 30 Lagen von gewöhnlicher Einrichtung. Die Tuchscheiben wurden blos mit Wasser befeuchtet; die goldenen Drähte von den beiden Endplatten der Säule liefen durch dünne Glasröhren, welche die nöthigen Biegungen hatten. Diese Säule brachte er in die pneumatische Wanne unter einen mit Wasser gefüllten, hinlänglich geräumigen Glascylinder, und leitete die goldenen Drähte aus den Glasröhrchen hervor in eine ausserhalb der Wanne stehende Schale mit Wasser. Die Gasentbindung nahm jetzt, da die Säule mit Wasser umgeben war, bald sehr merklich ab, und hörte endlich beinahe völlig auf; als aber atmosphärische Luft in den Cylinder gelassen wurde, so fingen die Drähte schon nach einigen Minuten wieder an, Gas zu geben, und nach und nach kam diese Wirkung wieder fast zu der anfänglichen Stärke (bei Gilbert a. a. O. p. 238) In einer zu Wien 1803 herausgekommenen Schrift (Volta's neueste Versuche über Galvanismus; Beschreibung eines Galvanometers und andere kleine Abhandlungen über diesen Gegenstand; Wolff's Annal. der chem. Litteratur, B. I, Heft 2, p. 214) wird folgender Versuch angeführt. Man brachte eine elektrische Säule nebst einer mit Wasser gefüllten kleinen Glasröhre, in welche ein Silberdraht hinein ging, unter einen Recipienten mit verdünnter Luft, liefs dann ein bestimmtes Maas von atmosphärischer Luft hinein. Nach 36 Stunden waren von 200 Cubikzollen 40 absorbirt. Diese ganze Zeit hindurch ging die Gasentwicklung vor sich, und es wurde ein flockenartiges Oxyd niedergeschlagen. (Es ist gar nicht erwähnt, von welchem Metall der andere Draht gewesen ist, oder ob sich das Silber hier oxydirt habe.) — *Biot* und *Cuvier* errichteten auf der pneumatisch chemischen Wanne eine Säule, die aus Kupfer, Zinkplatten und Tuch, das mit einer starken Alaunauflösung inbibirt war, bestand. Als durch Metalldrähte die Verbindung gemacht war, wurde das Ganze mit einem gläsernen Cylinder bedeckt, dessen Durchmesser wenig von

Pp 2

der Unterlage unterschieden war, worauf die Säule gestellt war. Durch diese Vorrichtung mufste nun die kleinste Veränderung in dem Volumen der Luft, die unter der Glocke eingeschlossen war, die innere Wassermenge entweder auf eine merkliche Art steigen oder fallen machen. Kaum war eine halbe Stunde vergangen, so fing das Wasser im Apparate zu steigen an, und man bemerkte bald eine merkliche Absorbtion. Da die Versuchansteller durch dieses Experiment sahen, dafs die galvanische Säule einen Theil der sie umgebenden Luft verschluckten, wollten sie dasselbe mehr im Grofsen wiederholen, damit es noch deutlichere Resultate geben könne, und die Natur der Luft, die im Apparate zurück blieb, untersuchen Sie errichteten deshalb unter denselben Umständen eine weit stärkere Säule, als die vorhergehende, bedeckten sie mit einem gläsernen Cylinder, der einen Decimeter im Durchmesser, und fünf in der Höhe hatte, und liessen die Eisendrähte, die zu Leitern dienten, und sich alle unter der Glocke bogen, in mit Wasser angefüllte Glasröhren gehen. Die Verbindung war ausserhalb der Wanne in einem mit Wasser gefüllten Gefäfse angebracht, und man versicherte sich von der Wirksamkeit der Säule vermittelst eines sehr kleinen Apparats, der allein dazu eingerichtet war, die Blasenentwickelung zu zeigen. Nach zwei Tagen war das Wasser in der Säule rund herum mehr als einen Decimeter in die Höhe gestiegen, welches man unter den Glocken, die in der nemlichen Wanne standen, und nichts als atmosphärische Luft enthielten, bemerkte. Als man den Raum der absorbirten Luft ausmafs, fand man ihn beinahe dem fünften Theile von dem gleich, den die anfänglich in der Glocke befindliche Luft eingenommen hatte. Die Luft, die zurück blieb, war um ein sehr merkliches leichter, als die atmosphärische Luft; sie löschte sogleich die angezündeten Kerzen aus; daraus schlofs man, dafs sie Stickluft sei. Hiedurch wäre demnach bewiesen, dafs der galvanische Apparat die ihn umgebende atmosphärische Luft zerlegt, und ihren Sauerstoff verschluckt. Um sich nun zu überzeugen, ob der Sauerstoff der atmosphärischen Luft dazu beitrage, die galvanischen Wirkungen zu verstärken, setzten diese sorgsamen Franzosen die Säule auf der pneumatisch chemischen Wanne in ein cylindrisches und enges Glasgefäfs, und bedeckten das Ganze mit einer weit gröfsern Glocke, deren Raum ihnen völlig bekannt war. Die Drähte, die zu Leitern dienten, gingen, wie bei dem vorigen Versuche, in Glasröhren, die aber mit Quecksilber gefüllt waren, über, und man brachte die Verbindung ausserhalb des Apparats an. Man liefs eine von diesen Röhren auf den Boden des Gefäfses, auf den die Säule gesetzt war, nieder, und brachte an dieser den einen Leiter an. Nach diesen Vorbereitungen hob man das Wasser durchs Saugen unter der grofsen Glocke, und um das Gefäfs herum bis zu einer bestimmten Höhe. Die Luft, welche man darin gelassen hatte, betrug beinahe ein Zehntel von dem, was

sie enthalten konnte. Man versicherte sich von der Wirkung der Säule durch den kleinen Apparat, der Blasen entwickelte, welches letztere Phänomen über 17 Stunden fortdauerte. Jetzt schloſs man, daſs die geringe Menge unter der Glocke gelassener Luft ihren Sauerstoff möchte verloren haben. Die Säule brachte wenig merkliche Wirkungen und keine Erschütterungen mehr hervor; sie theilte der Zunge nur noch einen sehr geringen Geschmack mit, sie verursachte in dem kleinen Apparate kein Blasenentwickeln mehr, ob man denselben gleich aus Vorsicht erneuert hatte; man glaubte durch die Phänomene hinlänglich berechtigt zu sein, anzunehmen, daſs die Säule ihre Wirksamkeit verloren habe. Ohne etwas an den Anstalten zu ändern, und ohne den Apparat zu berühren, lieſs man gar wenig Sauerstoffgas unter die Glocke, unter der die Säule stand. Sogleich äuſserte sich die Entwickelung der Luftblasen, in dem neuen Blasenapparate, die noch nicht Statt gehabt hatte; sie vermehrte sich durch neues zugekommenes Gas, und da man eine ziemlich beträchtliche Menge hinein gelassen hatte, so wurde sie fast so stark, als sie im Anfange gewesen war. Man empfand den brennenden Geschmack wieder von Neuem unerträglich, und die heftigen Erschütterungen waren äuſserst fühlbar. Die unter die Glocke eingetretene Menge von dem Sauerstoffgas war wenigstens das Vierfache von dem darin zurück gebliebenen Stickstoffe. Man lieſs die Wirkung über 24 Stunden so fortdauern; das Wasser, welches innerhalb der Glocke zwei Decimeter tiefer, als auſserhalb derselben stand, stieg nun zu der nemlichen Höhe, und da man den Raum des verschluckten Sauerstoffgas ohngefähr berechnete, so fand man, daſs er sich wenigstens auf anderthalb kubische Decimeter belief. Es ergab sich also hieraus, daſs der Sauerstoff, der durch die Säule von der sie umgebenden atmosphärischen Luft weggenommen wird, dazu beiträgt, die galvanischen Versuche zu verstärken. (*Annales de Chimie*, *T. XXXIX*, *p.* 242; Crell's Annalen für 1802, B. I, St. 4, p. 324; Trommsdorff's systemat. Handb. der Chemie, B. V, p. 222 f.; Trommsdorff's Journal der Pharmacie, B. XI, St. 1, p. 170 f.) Professor *Schaub* bauete auf einem isolirten Gestelle eine Voltaische Säule aus 50 folgender Schichten auf: Zink, mit Kochsalzwasser getränkte Tuchscheibe, Kupfer u. s. w.; in die Schliessung der Kette brachte er auf die bekannte Art, die gleichfalls bekannte Vorrichtung zur sogenannten Wasserzersetzung an; die beiden Drähte in diesem Apparate bestanden aus vergoldetem Silber; der kleine Glascylinder wurde mit destillirtem Wasser angefüllt, und nun wurde sogleich die geschlossene Säule mit einer geräumigen, mit atmosphärischer Luft gefüllten, Glocke bedeckt, dann in ein Gefäſs gesetzt, und mit Wasser gesperrt. Durch die obere mit einem Korke und aufgeschmolzenem Siegellack genau verschlossene Oeffnung der Glocke ging ein hervorstehender Eisendraht, der mit dem Kupfer-

pole der fünfzigsten Platte in Verbindung stand; ein ähnlicher aus dem Wassergefäſse hervorstehender Draht stand unter der Glocke mit dem Zinkpole der Säule in Verbindung. Die Gasentwickelung fing gleich lebhaft an; am Drahte des Kupferpols sonderte sich eine Menge Oxyd ab, welches eine Wolke bildete, sich aber bald zu Boden senkte; doch hörte diese Absonderung schon nach einer Stunde auf, und es bildeten sich an diesem Drahte jetzt eine Menge runder Luftblasen, die wie kleine Perlen fest anzuhängen schienen. Die Gasentwickelung am Drahte des Zinkpols aber dauerte lebhaft fort, während ein Theil Wasser unter die Glocke eindrang. Das Wasser in der Glocke stieg immer mehr, so, daſs dasselbe schon nach Verlauf von 24 Stunden über den sechsten Theil des Raumes der Glocke eingenommen hatte; die Gasentwickelung verminderte sich sehr, und wurde zuletzt kaum noch bemerkbar. Nach zwei Mal 24 Stunden hatte das eingedrungene Wasser bis den vierten Theil der Glasglocke eingenommen; die Gasentwickelung hatte gänzlich, und mit ihr auch alle galvanische Action aufgehört; denn als der Experimentator mit zwei silbernen Stäben, die er in seine mit Salzwasser benetzte Hände nahm, die Kette schloſs, indem er mit der linken den oben aus dem Korkpropfen der Glocke hervorragenden eisernen Draht des Kupferpols, und mit dem rechten den untern eisernen Draht des Zinkpols berührte, empfand er nicht das mindeste mehr, da er doch beim Anfange der Operation dadurch einen merklichen Stoſs erhielt. Die Flüssigkeit in dem Wasserzersetzungsapparate war ganz dunkel gefärbt worden, und als er sie nach Endigung der Operation auf verschiedene Salze, z. B. auf eine Lösung des salpetersauren Quecksilbers, der salzsauren Baryterde u. s. w., durch ein Hinzutröpfeln prüfte, erregte sie Zersetzung und gefärbte Niederschläge. Als er die Glocke, nachdem er das untere Gefäſs eben so hoch mit Wasser angefüllt hatte, als dasselbe in der Glocke stand, um das Heraustreten desselben zu verhüten, oben öffnete, und ein brennendes Wachslicht hinein brachte, erlosch es augenblicklich, und die zurückgebliebene Luft verhielt sich völlig wie Stickgas. Als er die Glocke von der Säule ganz wegnahm, so ging in demselben Augenblicke die Gasentwickelung in dem kleinen Apparate aufs Neue rasch von Statten, und als er die Kette mit seinen durchnäſsten Händen wieder wie vorhin schloſs, erhielt er sogleich wieder eine fühlbare Erschütterung in denselben. Die Gasentwickelung dauerte nun wieder den ganzen Tag über fort. Diese Versuche wurden einige Mal wiederholt, und gleiche Resultate erhalten. (Archiv für die Pharmacie und ärztliche Naturkunde, B. I, St. 4, p. 419.) *Böckmann* der jüngere bemerkte bei der Wirkung der galvanischen Säule in der atmosphärischen Luft einen salpetersauren Geruch, der seiner Meinung zu Folge wohl von der Zersetzung der atmosphärischen Luft herrühren mögte. Indessen beobachtete er das Phänomen nicht immer.

(Trommsdorff's angeführtes Handbuch, B. V, p. 198.) *Gilbert* sagte in einem Briefe an van Mons, (*Journal de Chimie et de Physique p. v. Mons, No. 15, Frim. 12, T. V, p. 358 et 359*; Neues allgem. Journal der Chemie, B. III, Heft 2; p. 219), er habe gefunden, dafs das Fluidum der galvanischen Säule die atmosphärische Luft verbrenne, wobei Salpetersäure erzeugt werde.

Buchholz fand (bei Trommsdorff, a. a. O. p. 199) dafs der Zustand der atmosphärischen Luft viel Einflufs auf die Wirkungen der Säule habe. Er klagt nemlich über die Unbeständigkeit der Erscheinungen, die sie darbiete, so, dafs ein Mal eine Säule sehr stark, und ein anderes Mal anscheinend unter denselben Umständen sehr schwach wirke: So fand er einst Vormittags bei regnichtem Wetter sehr geringe, und Nachmittags, als die Sonne hervor kam, sehr starke Wirkungen. *Trommsdorff* sagt (allgem. chem. Bibliothek des neunzehnten Jahrhunderts, B. II, St. 2, p. 63), wenn die atmosphärische Luft trocken sei, so gelingen die Versuche mit der galvanischen Säule ungleich besser, als bei feuchter Luft, wo die Ränder der Metallplatten feucht werden.

Die Versuche über das Verhalten der galvanischen Säule im luftleeren Raume und luftverdünnten Raume der Luftpumpe findet man bei Galvanismus im ersten Bande der allgemeiner verbreiteten Potenzen, p. 74 f.; wozu wir hier nur noch hinzusetzen wollen, dafs bei einem Versuche von *Humphry Davy*, bei dem sich eine galvanisch Säule 14 Stunden lang im luftverdünnten Raume der Luftpumpe, in welchem die Barometerprobe auf 0,9 Zoll stand, befand, die Zinkplatten leicht angelaufen waren, sich aber kein weifses Oxyd abgesetzt hatte.

Atmosphärische Luft und Magnetismus. 1)

Nach *Cassini* sind die Abweichungeu im Stande der Magnetnadel im Keller schwächer, als in der freien Luft. (Lampadius Atmosphärologie, Freiberg 1806, p. 25.)

Durch Wind wird die Richtung der magnetischen Kraft nicht gestört. (Halle's Magie, Th. III, p. 154.)

Die magnetische Kraft scheint auch in der verdünnten Luft wirksam zu sein. *Christian Wolff* führt (Allerhand nützliche Versuche u. s. w., Th. III, p. 151) an, wenn man in einem Recipienten eine Nadel an einem Faden befestige, dann die Luft rein auspumpe, und darauf den einen Pol eines Magnets an den Recipienten ausserhalb anhalte, so komme die Nadel herüber, und lege

1) *Vergleiche Band II, p. 389.*

sich mit der Spitze an das Glas, wo der Pol dasselbe berühre, falle auch nicht eher wieder zurück, bis der Magnet weggenommen werde; ja, wenn man mit dem Magnete an dem Glase herum fahre, so folge die Nadel, so weit es der Faden zulasse, dem Magnete nach, und auch Versuche mit dem Compafs haben ihm gezeigt, dafs die Magnetnadel in dem Recipienten eben so beweglich, als in freier Luft gewesen sei. Auch *Halle* sagt a. a. O. p. 163), dafs sich eine Magnetnadel, die unter einer verdünnten Luftglocke stehe, nach dem Magnet hinbewege, welchen man von Aussen an das Glas des Recipienten halte. Eben so bestätigt *v. Swinden* (Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. III, St. 3, p. 137), dafs der Magnetismus in der Luft eben nicht anders, als im luftleeren Raume wirke.

Zwar will Herr *Robertson* gefunden haben, dafs im Inclinatorium die Magnetnadel in einer Höhe von 3600 Toisen ihre Kraft völlig verloren zu haben schien, indem sie nicht wieder auf den Grad gebracht werden konnte, welchen sie auf der Erdoberfläche gezeigt hatte (Voigt's Magaz. für den neuesten Zustand der Naturk. B. VI, St. 3, p. 219); aber Herr *Gilbert* hat wichtige Zweifel gegen die Glaubwürdigkeit der Beobachtungen des Herrn *Robertson* auf seinen Luftreisen überhaupt erhoben.

Achard brachte eine Magnetnadel in gemeine Luft, die durch eine darin gesetzte Mischung von Eisen, Schwefel und Wasser verdorben war, in gemeine Luft, die man durch das Absterben verschiedener darin gesetzten Thiere schädlich gemacht hatte, und endlich in gemeine Luft, welche durch darin gesetzte brennende Lichte zur Unterhaltung der Flamme und Respiration untauglich geworden war. Er fand keinen Unterschied zwischen dem Verhalten der in diese verschiedenen Gasarten gesetzten Magnetnadel und dem Verhalten derselben in atmosphärischer Luft; die Nadel behielt immer ihre Richtung von Norden nach Süden. Zwang man sie, eine andere anzunehmen, so kehrte sie, sobald man sie in Freiheit liefs, zu ihrem vorigen Stande zurück; das in ihre Nähe gebrachte Eisen setzte sie in dieselbe Bewegungen, als wenn sie mit gemeiner Luft umgeben gewesen wäre. (Achard's chem. phys. Schriften, p. 191.)

Durch den Brennpunkt einer grofsen Linse will man Magnetnadeln auf ihrem Stifte herumgedrehet haben. (*Dictionaire d'Agriculture, art. Lumière*; Crell's chem. Annal. 1800, B. II, St. 9, p. 234) 1)

Atmo-

1) Es ist sehr wahrscheinlich, dafs man hie und da finden wird, dafs das eben angeführte Resultat der Wirkung des Brennpunkts auf die Magnetnadel zu den Verhandlungen über die Schwere des Lichts gehöre, und dafs die atmosphärische Luft hier nur als leidende Bedingung, ohne die der Versuch nicht anzustellen war, anzusehen sei. Diesem zu ver-

Atmosphärische Luft und Sauerstoffgas.

Atmosphärische Luft und Sauerstoffgas lassen sich in allen Verhältnissen ohne Zersetzung mit einander mischen. (Klose's Versuch eines systematischen Handbuchs der Pharmacologie, Th. II, B. I, p. 87.)

Atmosphärische Luft, Sauerstoffgas und Elektricität.

Cavendish stellte mehrere Versuche über das Verhalten eines Gemisches von atmosphärischer Luft und Sauerstoffgas beim Elektrisiren an. Die von ihm dazu gebrauchte Vorrichtung ist dieselbe, die er zu Versuchen über das Resultat des Elektrisirens eines Gemisches von Stickgas und Sauerstoffgas anwandte, und die wir im ersten Bande, p. 489 f. umständlich beschrieben haben. Ein Gemisch von 5 Theilen reiner dephlogistisirter Luft und 3 Theilen gemeiner Luft, das durch Seifenlauge gesperrt war, verschwand fast ganz. Er leitete nun ein Gemisch von dephlogistisirter und gemeiner Luft in obigem Verhältnisse in eine enge winklichte Röhre, und als sie durch den Funken vermindert war, fuhr er mit Hinzuthun dieser Luft so lange fort, bis keine weitere Verringerung Statt fand. Zur völligen Ueberzeugung, dafs der Unvollkommenheit des Verhältnisses der Luftarten das Aufhören der weitern Verringerung nicht zuzuschreiben sei, liefs er etwas reine dephlogistisirte Luft, und darauf etwas gemeine Luft hinein; dieses aber wirkte nichts. Die Seifenlauge wurde nun von dem sie sperrenden Quecksilber abgesondert, worauf sie als gänzlich neutralisirt erschien, indem sie blaues Papier keineswegs entfärbte. Zur Trockne abgeraucht gab sie eine geringe Menge Salz, welches deutlich Salpeter war, wie man dieses aus der Art, wie das in die Salzauflösung getauchte Papier brannte, sah. Zu mehrerer Befriedigung leitete er fünf Mal eine gleiche Menge Seifenlauge in eine Röhre von etwas gröfserem Durchmesser, und liefs durch eine, im angeführten Verhältnisse gemachte Mischung von dephlogistisirter und gemeiner Luft den elektrischen Funken bis zum Aufhören der Verminderung gehen. Die aus der Röhre gegossene Flüssigkeit roch deutlich nach dephlogistisirter Salpetersäure, und gab nach Abrauchen bis zur Trockenheit 1 4/10 Gran Salz, welches nach *Cavendish* ziemlich genau dem Gewichte des Salpeters

muthenden Einwurfe setze ich nur die Frage entgegen: werden diejenigen, welche, unsern jetzigen Kenntnissen zu Folge, mit gutem Grunde, das magnetische Agens als in der Atmosphäre beständig wirksam annehmen, das Leidendverhalten der Atmosphäre hier zugeben können oder wollen. v. S. Ph.

gleich ist, den die Seifenlauge mit Salpetersäure gesätigt würde gegeben haben. Die Art, wie das in die Auflösung getauchte Papier brannte, zeigte, dafs es wahrer Salpeter sei. Salzsaure Schwererde entdeckte nicht mehr Vitriolsäure darin, als die Seifenlauge selbst enthielt, welches aber ausnehmend wenig war. Die angewandte Lauge war von Weinsteinlaugensalz gemacht, das ohne Salpeter bereitet war, und zwar so löthig, dafs sie mit Salpetersäure gesättigt $^1/_{10}$ ihres Gewichts an Salpeter gab. Auch die dephlogistisirte Luft war ohne Salpeter bereitet; die im ersten Versuche angewandte wurde aus dem durch Schütteln eines mit Blei gemischten Quecksilbers erhaltenen schwarzen Pulver, und die im letztern Versuche aus mineralischen Turbith gewonnen. In dem ersten Versuche wurden 35 Maafs Lauge gebraucht, wovon jedes dem Umfange nach 1 Gran Queeksilber gleich war, und die verschluckte Luft betrug 416 solcher Maafse phlogistisirter und 914 dephlogistisirter Luft. In dem zweiten wurden 178 Maafse Lauge angewandt, welche 1920 phlogistisirte, und 4860 dephlogistisirte Luft absorbirten. (Nach dem Maasstabe nemlich taxirt, dafs atmosphärische Luft aus einem Theile dephlogistisirter, und vier Theilen phlogistisirter Luft bestehe. Vergl. Th. I, p. 482.) Es blieb in beiden Versuchen in der Röhre noch etwas Luft unverdichtet, dessen Reinigkeit er noch nicht zu untersuchen wufste, wefshalb er selbst gesteht, dafs die Angaben der Quantität der verschluckten Luftarten nicht ganz genau sein mögten. Darauf elektrisirte er noch eine ähnliche Mischung von dephlogistisirter und gemeiner Luft, wie vorher, bis sie zu einem geringen Theile ihres ursprünglichen Umfangs gebracht war. Dann setzte er, um so viel als möglich von der in der Röhre gebliebenen phlogistisirten Luft zu zersetzen, einige dephlogistisirte Luft zu, und fuhr mit dem Funken so lange fort, bis keine Verminderung mehr Statt fand. Als die phlogistisirte Luft auf diese Weise so viel als möglich verdichtet war, liefs er etwas von einer Schwefelleberauflösung hinein, damit diese die dephlogistisirte Luft absorbiren mögte; worauf nur ein nicht in Betrachtung zu ziehender, etwa $^1/_{120}$ des Umfangs der in die Röhre gelassenen phlogistisirten Luft betragender, Rest übrig blieb; so dafs sich, wie er äussert, aus seinen Versuchen ergiebt, dafs, wenn ja ein Theil in der phlogistisirten Luft unserer Atmosphäre von den übrigen verschieden, und nicht zu Salpetersäure zu reduciren sein sollte, man doch dreist schliefsen könne, dafs dieser Theil nicht mehr als $^1/_{120}$ des Ganzen betrage. 1) (*Philosoph. Transact. for the Year* 1785, *Vol. LXXV*, *Part. II*, *p.* 372; Crell's Annalen, J. 1786, B. I, St. 2; p. 99 ff.;

1) *Dieses* $^1/_{120}$ *mufs als Kohlensäurehalt angesehen werden. Die angeführten Versuche waren eine Hauptstütze der von Cavendish zuerst vorgetragenen Meinung, dafs Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff bestehe.*

Crells Beiträge zur Erweiterung der Chemie, B. III. St. 1, pag. 93, 98, 99; *Mémoires de Mathematique et de Physique, présentés à l' Academ. Paris. T. XI, Histoire du prix proposé sur la Formation du Salpetre pag.* 197). Diese Versuche von *Cavendish* wurden auf dessen Ansuchen und unter seiner Leitung von Herrn *Gilpin* wiederholt. Die Verfahrungsart und der Apparat waren dieselben als vorher. Die Lauge war wie in den vorhergehenden Versuchen aus Weinsteinsalz bereitet, und so stark, daſs sie mit Salpetersäure 1/10 ihres Gewichts Salpeter gab. Die dephlogistisirte Luft war aus mineralischen Turpeth bereitet, und zeigte bei dem Versuch den Gehalt von 1/18 phlogistisirter Luft. Am 16. December 1777 wurden in Gegenwart der Herren *Jos. Banks, Dr. Blagden, Dollfuss, Fordyce, J. Hunter, Macie und Cavendish* die Materialien zusammengebracht. Man leitete in die Röhre 180 kleine Maaſse von der Lauge, wovon jedes einen Gran Quecksilber enthielt. Da die Weite der Röhre mehr denn ein drittel Zoll im Durchmesser hielt, so bildete die Flüssigkeit darin eine Säule, von 0,5 bis 0,6 eines Zolles, welche durch die hineingebrachte Luft in zwei gleiche Theile getheilt wurde, wovon einer über dem Quecksilber in dem einen Schenkel, der andere in dem andern Schenkel stand. Die dephlogistisirte Luft war mit 1/3 ihres Umfangs atmosphärischer Luft in einem besondern Gefäſse vermischt worden, und von diesem Gemisch leitete Herr *Gilpin* von Zeit zu Zeit etwas in die gekrümmte Röhre, um die Luft zu ersetzen, die durch den Funken absorbirt war. Es erhellet hieraus, daſs das angewandte Gemisch einen geringern Antheil gemeiner Luft enthielt, als in den von *Cavendish* allein gemachten Versuchen. *Gilpin* war deshalb genöthigt, von Zeit zu Zeit etwas gemeiner Luft besonders zu zu setzen, wenn er aus der Zögerung der Absorbtion schloſs, daſs nur ein zu kleines Verhältniſs der phlogistisirten Luft in der Röhre war. *Cavendish* lieſs dieses deshalb thun, weil in dem ersten Versuche das Verhältniſs der dephlogistisirten Luft zur phlogistisirten zu groſs zu sein schien, und er also in Ansehung der Menge und der Proportion ungewiſs war, in welchen beide Luftarten zusammen gemischt werden müſsten, wenn es beim Fortgange des Versuchs nicht nöthig sein sollte, dephlogistisirte oder gemeine Luft hinzuzusetzen. Nachher mischte er die Luftarten in einem solchen Verhältnisse, daſs der Zusatz von gemeiner Luft, nicht nöthig war, indem der von dephlogistisirter Luft leichter und weniger verdächtig schien. Am 24. Dec. war die Luft im Reservoir fast gänzlich verbraucht, und der Apparat wurde wieder in Gegenwart der mehrsten der erwähnten Personen mit einem Gemisch der dephlogistisirten und atmosphärischen Luft in denselben Verhältnisse, als zuvor gefüllt; und dies wurde auch am 19. Ianuar wiederholt. Am 23. Ian. gieng die gekrümmte Röhre durch einen Zufall aus dem Quecksilber heraus, worin ihre Schenkel getaucht waren, und

durch welches sie mit Luft gefüllt wurde; ein grofser Theil der darin enthaltenen Lauge ging verloren, doch blieb zum Versuche noch immer genug übrig. Am 28 und 29. Jan. wurde das Produkt dieses Versuchs in Gegenwart der Herrn *Jos. Banks*, *Blagden*, *Dollfuss*, *Fordyce*, *Heberden*, *Macie und Watson* untersucht. Man fand, dafs 9290 Gemäfse der gemischten Luft aus den Behältern in die gekrümmte Röhre geleitet waren, welches eine viel gröfsere Menge ist, als nach *Cavendish* eigenen Versuchen für diese Menge Lauge nöthig war. Die Lauge wurde in eine kleine Glasschale gegossen, und die gekrümmte Glasröhre mit destilirtem Wasser ausgespült, um so wenig als möglich verloren gehn zu lassen. Weil sie auf diese Art beträchtlich verdünnt wurde, so liefs man sie zur Trocknifs abrauchen. Aber es hielt schwer die Menge des salzigen Rückstandes zu bestimmen, da er mit einigen Quecksilbertheilchen vermengt war. Als etwas Vitriolsäure auf ein weniges von diesem Rückstande getröpfelt wurde, so entwickelte sich ein Geruch nach Salpetersäure, ganz dem ähnlich, als wenn man Vitriolsäure auf phlogistisirten Salpeter 1) giefst; aber doch nicht so stark. Das übrige wurde in wenigen destillirten Wasser aufgelöfst, und es wurden mit dieser Auflösung folgende Versuche vorgenommen. Blaues, mit Veilchentinktur gefärbtes Papier (*paper tinged with the juice of blue flowers*) wurde davon nicht verändert. Sie hatte einen ekelerregenden Geschmack, so, wie alle Auflösungen des Quecksilbers, und der mehrsten andern metallischen Substanzen. Ein in die Auflösung getauchtes und getrocknetes Papier, brannte mit einer ziemlich lebhaften Flamme, die aber nicht so lebhaft und gleichförmig war, als wenn es in die Auflösung von Salpeter getaucht worden wäre, und lebhafter, als wenn man es mit einer salpetersauren Quecksilberauflösung getränkt hätte; aber nicht so stark, als wenn man gleiche Theile dieser Auflösung und der Auflösung des Salpeters hätte nehmen wollen. Die Auflösung des fixen Gewächsalkali hinzugetröpfelt, verursachte einen leichten röthlichbraunen Niederschlag, der nachher eine grünlichte Farbe annahm; ein Stück polirtes Kupfer in die Auflösung gelegt, nahm eine deutlich weifse Farbe an, doch nicht so weifs, als wenn man es in die Auflösung des Quecksilbersalpeters tauchte. Es erhellet aus diesen Versuchen dafs Salpetersäure in solcher Menge hervorgebracht war, dafs sie nicht nur das Laugensalz, sondern auch noch etwas Quecksilber aufzulösen vermogte. Letzteres wurde durch den metallischen Geschmack des Rückstandes, durch

1) *Ich glaube es dienlich, hier einmal wieder daran zu erinneren, dafs wir Gründe in der Einleitung zu diesem Werke angegeben haben, warum wir es uns zum Gesetz gemacht, jedem Naturforscher die ihm in dem Momente, welchem er die von uns benutzten Erfahrungen niederlegte, eigenthümliche Sprache zu lassen.* v. S. Ph.

die Wirkung desselben auf das blaue Papier, durch den Niederschlag beim Zusatze des Laugensalzes, und durch die auf dem Kupfer hervorgebrachte weifse Farbe bewiesen. Weil der Erfolg dieses Versuchs doch von dem des von *Cavendish* allein gemachten verschieden war, so unternahm auf des letztern Bitte Herr *Gilpin* die Arbeit noch ein Mal. Die Materialien wurden demnach in Gegenwart der mehrsten der erwähnten Herrn zu einem neuen Versuche zusammengebracht. Die alkalische Lampe (*scap-lees*) war, wie vorher; es wurden aber jetzt 183 Gemäfse angewendet. Die dephlogistisirte Luft war auch, wie die erstere, aus mineralischem Turpeth bereitet, aber viel reiner, und schien nur 1/12 phlogistisirte Luft zu enthalten. Sie wurde in dem Verhältnifs von 22 zu 10 mit der gemeinen Luft vermischt; dafs also eine gröfsere Menge der letztern angewendet wurde, weswegen Herr *Gilpin* nicht genöthigt wurde, so oft frische hinzu zu setzen. Am 29. Februar wurde das Reservoir von Neuem mit eben diesen Luftarten in Gegenwart eben dieser Herren gefüllt. Da bei den letztern Versuchen gefunden war, dafs man aus der Verminderung der Absorbtion den Augenblick der Sättigung nicht erkennnn konnte, so wurde mit dem Versuche aufgehört, da so viel Luft verschluckt war, als nach *Cavendish* eigenen Versuchen zur Neutralisirung hinreichend schien. Dies geschah am 15 März. Die in der Röhre rückständige Luft betrug 600 Gemäfse; als man aber das Produkt untersuchte, war diese Luft auf 20 Gemäfse gebracht worden. So viel war also davon ohne Hülfe des Elektrisirens verschluckt. Wenige Tage nachher, als dieser zweite Versuch veranstaltet wurde, bildete sich eine schwärzliche Substanz in einem von den Schenkeln der Röhre, welches, wie *Cavendish* glaubt, Quecksilberkalk war; sie schien nicht zu zu nehmen, aber am zehnten März, als die absorbirte Luft ohngefähr 5200 Gemäfse betrug, fing ein weislichtes Sediment sich auf der Fläche des Quecksilbers zu zeigen an. Am neunzehnten März wurde das Produkt in Gegenwart der erwähnten Herren untersucht. Das aus dem Reservoir in die Röhre geleitete Luftgemisch hatte 6650 Gemäfse betragen; aufserdem hatte *Gilpin* noch 630 Gemäfse gemeiner Luft hinzu gebracht, also überhaupt 7280 Gemäfse, „welche aus 4570 dephlogistisirter, und 2710 phlogistischer Luft bestanden." Die alkalische Lauge wurde wie vorher bis zur Trockne abgeraucht; der Rückstand wog 2 Gran, war aber mit 2 bis 3 Quecksilberkügelchen vermengt, die die Experimentatoren auf 1/2 Gran schätzen zu können glaubten. Alles wurde in einer geringen Menge Wasser aufgelöfst, und man stellte folgende Versuche damit an. Blaues Papier wurde durch die Auflösung nicht verändert; das in dieselbe getauchte und wieder getrocknete Papier brannte so als das in Salpetersolution getauchte. Die Auflösung hatte einen starken Salpetergeschmack, brachte aber zugleich doch auch die von einer metallischen Auflösung erregte Empfindung her-

vor. Sie machte ein blankes Kupferblech nicht weifs. Das noch übrige der Flüfsigkeit wurde mit etwas mehrerm destillirten Wasser verdünnt, und ruhig hingesetzt, bis sich das weifse Sediment zu Boden gesetzt hatte. Die klare Flüssigkeit wurde abgegossen, und die wenige zurückbleibende Flüssigkeit, die den Bodensatz enthielt, wurde auf einer polirten Kupferplatte abgeraucht, dann mit einem Goldstück bedeckt, und der Hitze ausgesetzt. Beide Metalle erhielten eine weifslichte Farbe, besonders das Gold, sie war aber nicht gut zu bestimmen. Um genau zu entdecken, wie viel Laugensalz erforderlich wäre, das blaugefärbte Papier zu afficiren, wurde eine gesättigte Auflösung des gemeinen Salpeters mit $\frac{1}{120}$ ihres Umfangs von ätzender Lauge gemischt. Diese Mischung färbte das Papier noch merklich grün. Da nun diese Auflösung des Salpeters ohngefähr zwei Mal so viel Seifensiederlauge als Alkali enthält, so folgt, dafs, wenn der Rückstand nur $\frac{1}{240}$ davon enthalten hätte er die Farbe des Papiers verändert haben würde. Die angeführten Versuche zeigen also, dafs man aus dem Gemisch von dephlogistisirter und gemeiner Luft wirklich Salpetersäure hervorgebracht hatte, die hinreichend war, nicht nur die alkalische Lauge zu sättigen, sondern auch etwas Quecksilber aufzulösen. In den eben angeführten Versuchen betrug der Umfang der phlogistisirten Luft 12 $\frac{2}{10}$ der Lauge in den zuerst von *Cavendish* angestellten 11 $\frac{9}{10}$ und in seinen letzten 10 $\frac{8}{10}$. (*Philosoph. Transact. Vol. LXXVIII. for the year* 1788, *Part. II.* p. 26 f.; *Grens* Journ. d. Physik, 1790, B. I. p. 282. f.; *Crells* chem. Annal. J. 1788, B. II. p. 51). Die Versuche des Herrn *Cavendish* wiederholten auch mit der Taylerschen Elektrisirmaschine die Herren *v. Marum* und *Paets van Troostwyk*. Sie bedienten sich dazu anstatt des von *Cavendish* gebrauchten Hebers eines gläsernen Cylinders von $\frac{1}{6}$ Zoll im Durchmesser, der an dem einen Ende verschlossen war. Durch das verschlossene Ende des Cylinders ging ein Eisendrath, von $\frac{1}{150}$ Zoll im Durchmesser, der zum Leiter diente. Diesen Cylinder füllten sie mit Quecksilber, und liefsen alsdann die gemischte Luft aufsteigen. Die reine Luft zu diesem Versuche war aus rothem Präcipitate erhalten, und durch Laugensalz von der Säure, die sie etwa enthalten konnte, hinlänglich gereinigt; übrigens hielten sie sich genau an das Verfahren des Herrn *Cavendish*. Sie vermischten deshalb fünf Theile reiner Luft mit drei Theilen gemeiner, und füllten von dieser Mischung so viel in das gedachte Glas, dafs sie eine Länge von ohngefähr drei Zoll einnahm. Auf den Cylinder stellten sie eine kupferne Kugel, welche sie in den Abstand von dem ersten Leiter der Maschine brachten, dafs der Stral aus demselben auf die Kugel, und von dieser durch die Luft beinahe ununterbrochen überging; weil vorher gemachte Versuche sie belehrt hatten, dafs ein elektrischer Strahl in diesem Falle zur Entbindung der Luft das gröfste Vermögen äufsert. Unter die

Luft in diesem Cylinder brachten sie eben die Auflösung von Laugensalz, die Cavendish gebraucht hatte; sie nahm eine Höhe von $^5/_{12}$ Zoll ein. Als der Strahl 15 Minuten durch die Luft gegangen war, blieb nicht mehr als der dritte Theil davon übrig, und die Luft, welche in diesem Versuche von dem Laugensalze eingeschluckt war, hatte in dem gläsernen Cylinder eine Höhe von 2 Zoll eingenommen. Da die zurück geblicbene Luft im Verhältnifs ihrer geringern Menge nun auch weniger vermindert wurde, so setzten sie, um das Laugensalz desto eher zu sättigen, aufs Neue so viel von der gemischten Luft zu, dafs sie mit der zurück gebliebenen Luft das Glas wieder bis auf eine Länge von ohngefähr 3 Zoll füllte, und liefsen den elektrischen Strahl durch sie gehen, bis das Laugensalz wieder ohngefähr 2 Zoll eingeschluckt hatte. Dies wiederholten sie so lange, bis das Laugensalz 8 $^3/_4$ Zoll Luft eingenommen hatte; alsdann untersuchten sie, in wie fern es mit Salpetersäure geschwängert wäre. Sie machten in dieser Absicht ein kleines Papierstück damit nafs, und hielten es nach dem Trocknen ins Feuer; es war deutlich, dafs das Laugensalz etwas Salpetersäure eingenommen hatte; denn das Papier brannte ohngefahr so, wie Papier, das etwas mit Salpeter durchzogen ist, doch bemerkten sie zugleich, dafs noch sehr viel daran fehlte, dafs das Laugensalz gesättigt sein sollte. Sie fuhren nun fort über dieselbe Auflösung des Laugensalzes, wovon $^1/_4$ Zoll übrig geblieben war, den elektrischen Strahl durch die gemischte Luft auf die vorhin beschriebene Weise gehen zu lassen, und erwarteten nach der Angabe des Herrn *Cavendish* dafs die Verminderung der Luft über diesem Laugensalze endlich aufhören werde; aber wie sie aufs Neue 14 Zoll Luft eingenommen hatte, konnten sie noch nicht bemerken, dafs die Luft weniger vermindert werde, obgleich die Auflösung des Laugensalzes in ihrem Versuche schon weit mehr Luft eingeschluckt hatte, als von dem Laugensalze in des Herrn Cavendish Versuche war eingenommen worden, als die Verminderung der Luft über demselben ganz aufhörte. Diese gröfsere Absorbtion der Luft durch das Laugensalz in den Versuchen wird offenbar, wenn man beachtet, dafs nach Cavendish 35 Maafs Laugensalzauflösung, wovon jedes Maafs dem Raume, den ein Gran Quecksilber einnimmt, gleich war, 416 Maafs Mofette und 914 Maafs reine Luft, also zusammen 1330 Maafs angenommen hatten. Jedes Maafs Laugensalzcuflösung hat daher in dem Versuche des Herrn Cavendish 38 Maafs Luft eingeschluckt; in diesen Versuchen aber wurden erst von $^5/_{12}$ Zoll Laugensalzauflösung 8 $^3/_4$ Zoll eingeschluckt. Will man diese Menge Laugensalzauflösung ($^5/_{12}$ Zoll) als ein Maafs annehmen, so hat jedes Maafs Laugensalz 21 gleiche Maafs Luft eingenommen. Nachher hat $^1/_4$ Zoll von derselben Auflösung, der von dem vorigen Versuche übrig geblieben war, noch 14 Zoll Luft eingeschluckt; also hat, wenn man diese Menge Laugensalz ($^1/_4$ Zoll) wieder

als ein Maafs annimmt, 1 Maafs Laugensalzauflösung jezt 56 gleiche Maafse Luft eingenommen. Nimmt man diese 21 und 56 zusammen, so hat in dem Versuche der Holländer ein Maafs Laugensalzauflösung 77 Maafse Luft, und also mehr als zwei Mal so viel als in dem Versuche des Herrn *Cavendish* eingeschluckt. Diese so viel gröfsere Menge der eingeschluckten Luft, bewog die Experimentatoren, ob die Einsaugung der Luft gleich weder aufhörte noch abnahm, jetzt wieder zu untersuchen, in wie weit das Laugensalz mit Salpetersäure geschwängert wäre. Die Resultate derselben Versuche, welche das erste Mal schon gemacht waren, zeigten deutlich, dafs das Laugensalz bei weitem noch nicht mit Salpetersäure gesättigt war. Da die anhaltende Einschluckung der Luft in dem vorhergehenden Versuche nicht mit der Angabe des Herrn *Cavendish* übereinstimmte, so entschlossen sie sich, den Versuch mit einer geringern Menge Laugensalzauflösung zu wiederholen, und stellten demnach nur 1/8 Zoll derselben in eben dem Cylinder über Quecksilber. Damit die bei dem Versuch erhaltene Salpetersäure auf keinen Fall der zur Bereitung des Präcipitats gebrauchten zugeschrieben werden könnte, nahmen sie jetzt zu den Versuchen reine Luft, die sie durch Vitriolsäure aus der Mennige erhalten und von fixer Luft gehörig gereinigt hatten; hievon vermischten sie nach Cavendish Angabe, sieben Theile mit drei Theilen Mofette. Die Einsaugung geschah eben so geschwind, als im vorigen Versuche, und man erhielt, als eine Luftsäule von 22 1/4 Zoll eingeschluckt war, (und daher (1/8 Zoll Laugensalzauflösung für 1 Maafs gerechnet) jedes Maafs Laugensalzauflösung 178 Maafse Luft eingenommen hatte, wieder Zeichen von Schwängerung des Laugensalzes mit Salpetersäure; indessen fehlte viel, dafs das Laugensalz gesättigt gewesen wäre. (*van Marum*s Beschreibung der Teylerschen Elektrisirmaschine, Erste Fortsetzung aus dem Holländischen, Leipzig 1788, p. 36; *Observations sur la Physique, l' histoire naturelle et sur les Arts par Rozier etc. T. XXI. p. 343 f.*; *Hermbstädt* Bibliothek der neuesten phys. chem. Litteratur B. II. pag. 52. *Trommsdorff* systemat. Handb. de rgesammten Chemie, B. I, p. 215.)

Atmosphärische Luft und Wasserstoffgas.

Aerostatische Phänomene. — Das in dünne Hüllen, z. B. in Seifenschaum, Thierhäute, Taft u. s. w., eingeschlossene Wasserstoffgas steigt wegen seiner geringen specifischen Schwere in der atmosphärischen Luft auf, worauf sich die Einrichtung der mit Wasserstoffgas angefertigten Aerostaten gründet.

Thomson sagt (System der Chemie, *Wolff's* Uebersetz. B. III, Abtheil. 2, p. 29), es sei eine bekannte Thatsache, dafs, wenn man ein mit Wasserstoff-

gas

gas gefülltes Gefäſs mit der Mündung unterwärts halte, das Gas eine beträchtliche Zeit hindurch fast ganz rein bleibe; daſs aber, wenn die Mündung nach oben gekehrt werde, das Wasserstoffgas beinahe im Augenblicke verschwinde, und die atmosphärische Luft seine Stelle einnehme. *Halle* bemerkt (Magie, Th. I, Berlin 1784, p. 419), „daſs eine Bouteille, aus der man alle zinkische brennbare Luft verbraucht habe, und die man offen und ohne Pfropf stehen lassen, dennoch einen guten Knallschuſs in sich halte, wenn man einen Knopfdraht in sie stecke, und diesen dem elektrisirten ersten Leiter nähere. *Priestley* beobachtete (de Luc's neue Ideen über Meteorologie, Th. II, 1788, p. 208) daſs in einer Flasche, die ein Gemenge von inflammabler und atmosphärischer Luft enthielt, dasselbe Verhältniſs beider Gasarten im obern und untern Theile des Gefäſses Statt fand.

Chemische Einwirkungen durch bloſses Zusammensein. — *Priestley* fand ein Gemenge aus 2 Theilen gemeiner, und einem Theile entzündlicher Luft, das seit dem 30. Sommermonds 1779 in einem Gefäſse mit Wasser gestanden hatte, am 18. Lenzmonds 1780 um den zwölften Theil vermindert; es brannte alsdann mit einer blauen sich ausbreitenden Flamme. Ein Gemenge aus einem Theile entzündlicher und zwei Theilen gemeiner Luft, welches seit dem Sommermonat 1779 aufbewahrt worden war, fand er am 20. Heumonds 1780 um den dreizehnten Theil vermindert; aber schon am fünften des vorhergehenden Weinmonats war es fast in demselben Grade vermindert gewesen. Es brannte mit beträchtlichem Krachen. (Priestley's Vers. und Beobacht. über verschied. Theile der Naturlehre, B. II, 1782, p. 79.) *Priestley* will bemerkt haben, daſs sich die brennbare Luft weit geschwinder im Augenblicke ihrer Entstehung (besser ihrer Entbindung) mit der atmosphärischen Luft zersetze, als einige Zeit nachher. Als er nemlich die brennbare Luft im Augenblicke der Ausscheidung in eine Masse gemeiner Luft brachte, so verminderten die Gasarten sich geschwind, und das Ueberbleibsel war sehr verdorben; lieſs man aber dieselbe Menge schon ausgeschiedener entzündbarer Luft auf ein Mal in dieselbe Menge gemeiner Luft gehen, so wurde weit mehr Zeit zu der Zersetzung erfordert. (Priestley's Versuche und Beobacht. über verschied. Theile der Naturlehre, B. II, 1782, p. 69 — 70; de la Metherie über reine Luft, Th. I, Leipzig 1791, p. 16; Kirwan's phys. chem. Schriften, Crell's Uebersetz., B. I, p. 78; *Encyclop. méthod. Chimie*, T. III, p. 467; Sennebier's phys. chem. Abhandl. über den Einfluſs des Sonnenlichts, Th. IV, Leipzig 1785, p. 241.) Dr. *Schraud* führt an (Crell's chem. Annal. B. II, 1784, p. 331), *Priestley* habe einst gefunden, daſs von einem Gemenge gemeiner und entzündbarer Luft nach einiger Zeit beinahe der vierte Theil der angewandten gemeinen Luft abgegangen sei, und *Scheele* habe ähnliche Be-

obachtungen gemacht. *Troostwyk*, *Deimann* (Crell's Beiträge zur Erweiterung der Chemie, B. III, St. 1, p. 23) und *Kirwan* (in d. a. phys. chem. Schrift. a. a. O.) sagen, bei der gewöhnlichen Wärme der Atmosphäre verbinde sich die brennbare mit der atmosphärischen Luft schwer und langsam. Bei dieser Verbindung wird aber nach *Deimann* und *Troostwyk* (a. a. O. p. 31) kein Wasser hervorgebracht.

Cavallo erzählt (Abhandl. über die Natur und Eigensch. der Luft, aus dem Engl. Leipzig, 1783, p. 746), er habe oft Gelegenheit gehabt, zu bemerken, dafs eine Mischung von gemeiner und entzündbarer Luft ihre Entzündbarkeit verloren habe; bisweilen sei diese Entzündbarkeit nur schwächer geworden, und mehr als einmal habe sich gezeigt, dafs, nachdem die Entzündbarkeit verloren gegangen sei, die Mischung völlig in phlogistisirte verwandelt worden. Gemeiniglich habe er sich in den Versuchen hierüber Zweiunzengläser bedient, in deren Boden er ein kleines Loch gebohrt, und einen Draht hinein gekittet habe, der ohngefähr einen Zoll weit hineinreichte. War dies geschehen, so füllte er dann das Glas mit Quecksilber, und liefs darauf an Statt desselben eine Mischung von entzündbarer gemeiner Luft in verschiedenen Proportionen hineingehen; gewöhnlich bestand das Gemisch aus $1/3$ entzündbarer und $2/3$ gemeiner Luft. Hierauf verstopfte er das Glas sehr fest mit einem Korkstöpsel, durch den ein Draht gieng, der in das Glas hineinreichte, und dem Ende des andern durch den Boden gesteckten Drahtes sehr nahe kam. Auf diese Art füllte er mehrere Gläser, liefs sie verschiedene Zeiten hindurch stehen, und zündete sie durch einen aus dem Drahte im Boden gegen den Draht im Stöpsel gerichteten elektrischen Funken an, wodurch, wenn die Mischung frisch gemacht war, jedes Mal eine Explosion entstand, und der Korkstöpsel mit Gewalt aus dem Glase getrieben wurde. In den Gläsern aber, die schon eine Zeitlang gestanden hatten, entstand zuweilen keine Explosion, wenn er auch gleich die Ladung einer sehr grofsen Flasche durch einige von diesen Gläsern gehen liefs, wenn er sie darauf öffnete, und eine Lichtflamme daran hielt, so fing die darin enthaltene elastische Flüssigkeit gewöhnlich Feuer, und brannte wie eine Mischung von sehr weniger entzündbarer und sehr viel gemeiner Luft; zuweilen entzündete sie sich auch gar nicht, und zeigte sich durch alle Proben als phlogisticirte Luft. Diese Veränderung erfolgte zuweilen in weniger als 24 Stunden; zuweilen erst in drei bis 4 Tagen; manche Gläser explodirten aber nach Verlauf einer Woche noch eben so stark, als andere, die erst frisch gefüllt wurden. Bei der Zurichtung des Apparats gab er sich die möglichste Mühe, die Gläser fest zu verstopfen; einige davon liefs er auch die ganze Zeit hindurch, die er zwischen dem Füllen und losbrennen verstreichen liefs, unter dem Wasser stehen; die Ursache dieser Verwandlung konnte

er trotz aller angewandten Mühe, nicht auffinden. Auch *Klose* sagt (Versuch eines systematischen Handbuchs der Pharmacologie, Th. II, B. I, p. 75), das Gemisch von Wasserstoffgas und gemeiner Luft verliere öfters seine Endzündbarkeit, und arte in Stickgas aus, welche Erscheinung man bis jetzt noch nicht befriedigend habe erklären können.

Geruch. — *Cavallo* sagt (über die Natur und Eigenschaften der Luft, p. 239), das Gemisch habe, wenn auch gleich eine beträchtliche Menge gemeiner Luft darin sei, einen unangenehmen Geruch, der, wenn irgend etwas beträchtliches davon aus der Flasche, die es verschliesse, gehe, in dem ganzen Zimmer, in welchem die Flasche befindlich sei, verspürt werden könne.

Atmosphärische Luft, Wasserstoffgas und Wärme.

Priestley vermischte $^2/_3$ gemeine Luft mit $^1/_3$ entzündlicher, und setzte dieses Gemisch verschiedene Stunden einer heftigen Hitze aus, die aber doch nicht so stark war, dafs das Glas, worin sich die Mischung befand, zerschmolz; nach der Arbeit fand er, dafs die Luft noch denselben Raum als zuvor einnahm. Ein anderes Mal vermischte er die entzündliche Luft mit der gemeinen zu verschiedenen Zeiten, und in sehr kleinen Portionen. Er that nemlich in das Gefäfs, in dem sich die gemeine befand, täglich etwas von der entzündlichen Luft hinzu, und setzte zu eben der Zeit das Gefäfs sehr nahe ans Feuer. Er bemerkte nicht genau, wie viel er überhaupt entzündliche Luft hinzu gesetzt hatte, fand aber den Inbegriff der gemeinen Luft durch diesen Zusatz nicht vermindert. Zur Entzündung zeigte sie sich keineswegs tauglich; er fand sie so sehr phlogistisirt, dafs der Gradmesser mit einer gleichen Menge Salpeterluft 1,36 zeigte, indessen die gemeine Luft bei der Prüfung mit der nemlichen Salpeterluft die Zahlen 1,26 gab. (a. a. O. B. II, p. 79 f.)

Phänomene beim Conflict eines Gemisches von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft mit Glühfeuer. 1)

Beim Zutritt der atmosphärischen Luft ist das Wasserstoffgas durch Feuer entzündlich. (de la Metherie über reine Luft, Th. I, Leipzig 1771, p. 146 f.;

1) *Ich werde hier sowohl die Erfahrungen über die Verbrennungen des Wasserstoffgas vermittelst der atmosphärischen Luft durch gemeines als die durch elektrisches Feuer aufführen, indem die Meinung der Naturforscher, dafs die Wahl der Art des Feuers auf die Verbrennung selbst keinen Einflufs habe, es unmöglich macht, beide*

Wiegleb in Crell's chem. Annalen, B. I, 1791, p. 459 f.; de Luc's neue Ideen über Meteorologie, Th. II, p. 179; Kirwan's phys. chem. Schriften, B. II, Abthl. 2, 1798, p. 53; Gehler's phys. Wörterb. B. II, p. 365; Scherers kurze Darstellung der chem. Untersuchung der Gasarten, p. 31; Leonhardi in s. Ausgaben von Macquer's chem. Wörterb. Th. II, Leipzig 1789, p. 832,) Zu dieser Entzündung scheint jedes Glühfeuer tauglich zu sein. Durch die Entzündbarkeit des Wasserstoffgas vermittelst des Kerzenfeuers wurde man uerst auf dasselbe aufmerksam. (Vergl. der Darstellung d. allg. verbr. Potenz. B. I, p. 113, Not. 2), B. II; p. 113 Not. 1), Herrn *Volta* gelang die Entzündung mit einer ohne Flamme glühenden Kohle, mit einem glühenden Eisen, und mit dem durch Aneinanderschlagen von Stahl und Feuerstein hervorgelockten Funken. (Volta's Briefe über die natürlich entstehende entzündbare Sumpfluft, aus dem Italienischen, Winterthur 1778, p. 73 u. f.; Cavallo's Abhandl. über die Natur und Eigensch. der Luft, teutsch, Leipzig 1783, p. 604; Halle's Magie, Th. I, 1784, p. 85.) Auch durch einen nur mäfsig starken elektrischen Funken gelingt die Entzündung recht gut. (Priestley's Geschichte der Elektricität, teutsch durch Krünitz, 1772, p. 371, Volta a. a. O. p. 79; Cavallo's Abhandl. p. 604; Halle a. a. O.; Karstens Kenntnifs der Natur, Halle 1783, p. 302; Schrader in Voigt's Magaz. f. d. neuesten Zustand der Naturkunde, B. I, St. 1, p. 97, und in Rosenthal's Magie, B. XVI, p. 21; Trostwyk und Deimann in Crell's Beiträg. zur Erweiter. der Chemie, B. III, St. 1, p. 22; Rosenthal (a. a. O. B. IV, p. 137; Fischer's phys. Wörterb. Th. I, p. 884). *Watson* war der erste, dem die Entzündung durch den elektrischen Funken im Jahre 1745 gelang, indem er nemlich das Gas, welches sich bei der Vermischung von einer Unze Eisenfeilstaub mit einer Unze Vitriolöl und vier Unzen Wasser entband, dadurch in Flamme setzte. (*Philosoph. Transact. Vol. XLIII, p.* 495; Priestley's a. Geschichte der Elektr. p. 50; Gralath's Gesch. der Elektr. in den Abhandl. der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig, Th. II, p. 414; Fischer's phys. Wörterb. B. III, p. 904.) *Chaussier* bemerkte zuerst, dafs der elektrische Funken zu diesem Behufe nur sehr schwach zu sein brauche. (Macques's chem. Wörterb., Leonhardis Ausgabe, Th. II, 1789, p. 832). In *Roziers Journal de Physique*, Octobr. 1777, wird folgender Versuch von ihm erzählt: Er füllte eine Blase mit entzündbarer Luft, welche, wenn man die Blase drükte, durch eine an ihren Hals

Verbrennungsarten durch besondere Aufschriften zu trennen. So führt man zum Beispiel häufig an, bei der Verbrennung entstehe Kohlensäure, oder es entstehe keine Säure, ohne sich dabei aufzuhalten, uns zu belehren, wie die Verbrennung veranstaltet war. *v. S. Ph.*

befestigte Röhre entwich. Am Ende dieser Röhre befand sich eine kupferne Kugel mit einem oder mehrern Löchern durchbort. Wenn er nun einen elektrischen Funken auf eins von diesen Löchern schlagen liefs, so entzündete sich die Luft, und die Flamme ging in einem ununterbrochenen Strome fort, so lange als man die Blase drükte. Wenn sich die Röhre an Statt der kupfernen Kugel in eine durchborte Spitze endigte, so konnte man die herausgehende entzündliche Luft durch elektrische Funken, die gewöhnlich nicht auf Spitzen schlagen, nicht entzünden. *Ingenhoufs* sagt (Vermischte Schrift., Militor's Ausgabe, B. I, 1784, p. 202), „die mittelst der Vitriol- oder Salzsäure aus den Metallen gezogene brennbare Luft werde durch den flüchtigsten elektrischen Funken, zu dem der kleinste Elektricitätsträger zureiche, entzündet." *J. Senebier* bemerkt (Lichtenberg's Magazin für das Neueste aus der Physik u. s. w., B. I, St. 3, Gotha 1785, p. 34), die brennbare Luft entzünde sich durch die schwächsten elektrischen Funken, wie z. B. durch einen Funken, den man aus seidenen Strümpfen, dem Rücken einer Katze, oder aus der menschlichen Haut ziehe. Auch *Scherer* versichert (Kurze Darstellung der chem. Unters. der Gasarten, Weimar 1799, p. 31), das Wasserstoffgas sei durch den schwächsten elektrischen Funken entzündbar. Nach *Cavallo* (a. a. O. p. 604) ist die Entzündung zwar durch elektrische Funken von geringer Gröfse, aber doch nicht durch ganz geringe zu bewirken. *Volta* bewirkte die Entzündung dadurch, dafs er die Mündung einer mit brennbarer Luft gefüllten Glasflasche der aufgehobenen Schale oder dem Schilde seines grofsen Elektrophors entgegen hielt. Der Funke, zuweilen auch allein das Flämmchen, welches auf den Rand des Gefäfses ausströmte, setzte die Luft in Flammen, und zwar zu wiederholten Malen, und mit auf einander folgenden Stöfsen, gerade eben so, wie es geschehen sein würde, wenn er zu wiederholten Malen die Flamme einer Kerze dagegen angebracht hätte. Weil es sich aber bei dieser Verfahrungsart öfter zutrug, dafs die Luft nicht Feuer fing, so machte er folgende Einrichtung, bei der er des Erfolgs immer versichert war. Er versah das Inwendige einer Flasche, deren Mündung eher weit, als enge war, mit einem metallenen Ueberzuge, und brachte darin einen starken Eisendraht so an, dafs dessen eines Ende den Grund des Gefäfses, oder die innere Bekleidung berührte, das andere mäfsig abgestumpfte, oder mit einem kleinen Knopfe versehene Ende aber ein klein wenig unter der Mündung des Gefäfses zu stehen kam. War der Apparat so eingerichtet, und es wurde die Flasche an den Elektricitästleiter gebracht, so fuhr die Flamme oder der Funken mit gröfserer Lebhaftigkeit heraus, und es trug sich nur sehr selten zu, dafs die Luft nicht entzündet wurde; indessen geschah es doch zuweilen, dafs einer, der zwei bis drei gegen den Rand des Gefäfses oder den Knopf des Drahtes entladenen Schläge nicht hinlänglich

waren, die Entzündung zu bewirken, die aber sogleich erregt wurde, wenn man sich dem Drahte mit einem Finger näherte.

Zu dieser Entzündung, man veranstalte sie nun auf welche Art wan wolle, ist aber der Zutritt der athembaren Luft wesentlich nothwendig. (Leonhardi in Macquer's chem. Wörterb., Leonhardi's Ausgabe, Th. II, 1789, p. 836; Karsten's gemeinnützige Kenntnifs der Natur, p. 317; Ingenhoufs a. a. O. p. 277; Barneveld's Abhandl. über die Bestandtheile des Wassers, Stendal 1792, p. 30; Guyton Morveau in der *Encyclop. méthod. Chimie*, T. I. p. 717; Trommsdorff's system. Handb. der Chemie, B. I, p. 149); die Phänomene bei derselben sind aber verschieden, je nachdem die Quantität der dabei hinzutretenden atmosphärischen Luft verschieden ist. Verstattet eine Masse Wasserstoffgas der atmosphärischen Luft den Zugang nur nach einer Dimension hin, so findet die Entzündung durch Feuer nur auf der die atmosphärische Luft berührenden Oberfläche Statt. (Cavallo a. a. O.; Schrader in Rosenthal's Magie, B. XVI, p. 20, und Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturk. B. I, St. 1, p. 97); welches dadurch bewiesen wird, dafs eine brennende Kerze, welche in ein mit der entzündlichen Gasart angefülltes cylindrisches Gefäfs getaucht wird, die Oberfläche derselben zwar anzündet, aber selbst verlöscht, (bei Ingenhoufs a. a. O. p. 279; Sennebier's Abhandlungen über den Einflufs des Sonnenlichtes, Th. I, teutsch Leipzig 1785, p 123.) *Lemery* erzählt (*Mém. de Mathematique et de Physique de l'Académ. Paris, an.* 1700, p. 107) einen hieher gehörigen Versuch mit der entzündbaren Luft, die durch Auflösen des Eisens in verdünnter Schwefelsäure hervorgebracht wird. Er sagt, er habe in einen Kolben von mittlerer Capacität, dessen Hals abgeschnitten worden, drei Unzen eines guten Vitriolspiritus und zwölf Unzen gemeinen Wassers gebracht, darauf die Flüssigkeit ein wenig erhitzt, und nach und nach eine Unze oder anderthalb Unzen Eisenfeile hinein gebracht. Nachdem weifse Dämpfe entstanden waren, näherte er der Oeffnung des Gefäfses eine brennende Kerze; worauf denn eine Entzündung, und zugleich eine heftige Verpuffung mit grofsem Geräusch entstanden sein soll. Als er die angezündete Kerze noch öfter dem Gefäfse näherte, bemerkte er ähnliche Verpuffungen, bei denen der Kolben oft mit einer Flamme erleuchtet war, welche bis auf den Grund der Flüssigkeit durchdrang und circulirte, und oft eine ziemlich beträchtliche Zeit im Halse des Kolbens blieb. *Christ. Wolf* wiederholte diesen beim *Lemery* gelesenen Versuch. (Allerhand nützliche Versuche, Th. II, Halle 1738, p. 421). Er schildert die Phänomene bei der Entzündung folgendermafsen: Die Dämpfe entzündeten sich, und es fuhr das Feuer wie eine Raquete mit einigem Knalle unter sich, dafs es bis an den Boden durch das Wasser durchschlug. Als er den

Finger über die Oeffnung des Glases hielt, so sammelten sich die Dämpfe sehr bald wieder, und wenn er von Neuem mit dem angezündeten Wachsstöckchen daran kam, so entzündeten sich die Dämpfe abermals. Waren ihrer nicht viel, so schlugen sie nicht durch das Wasser durch. Er wiederholte den Versuch noch ein anderes Mal, und giebt von dem Erfolge in folgenden Ausdrücken Nachricht. „Ich brauchte wieder ein eben so grofses Glas, und machte alles wie vorher. Weil aber etwas dunkeles Wetter war, und ich gar keinen Dampf sehen konnte, so hatte sich mehr gesammelt, als ich glaubte. Derowegen, als ich mit dem Wachsstöcklein hinein leuchtete, um zu sehen, ob nicht einiger Dampf vorhanden wäre, so entzündete er sich augenblicklich, und sprang das Glas mit grofem Krachen entzwei, dafs die Stücken davon herumflogen." Wegen der Gefahr bei diesem Versuche machte er später das Experiment so, dafs er die Oeffnung des Glases mit seinem Finger verschlofs, und sie etwas schräg gegen ein Licht hielt. Merkte er einen Druck gegen den Finger, so hob er ihn von der Seite gegen das Licht in die Höhe, und liefs auf diese Weise das Gas nach der Richtung des Fingers herausfahren. Sobald dasselbe die Flamme erreichte, entzündete es sich, und die Flamme fuhr wie eine Raquete mit einem Schalle, wie ihn eine Raquete verursacht, wenn sie aufsteigen, durch die Flamme des Lichts und die Luft. Aller Dampf zwischen dem Glase und dem Lichte wurde mit einem Male entzündet. In der Folge brauchte er auch nur ganz kleine Gläser, wie man sie zu Tropfen in der Apotheke zu gebrauchen pflegt, und der herausfahrende Dampf wurde durch das Licht wie vorher angezündet. Wenn er den Finger bald wieder auf die Oeffnung legte, so konnte er den Versuch viele Mal hinter einander wiederholen, indem sich bald wieder Dampf sammelte. *Cavallo* führt (a. a. O. p. 239) an, wenn man eine Flasche, die mit der entzündbaren Luft gefüllt sei, und deren Oeffnung man mit dem Daumen oder einem Stöpsel verschlossen halte, an die Lichtflamme bringe, und, wenn die Oeffnung nahe an der Flamme sei, den Stöpsel wegnehme, so werde sich die elastische Materie in der Flasche augenblicklich entzünden. Fasse die Flasche ohngefähr vier Unzenmaase, so werde sie etwa eine halbe Minute lang ruhig fortbrennen, wobei die Flamme immer tiefer herabsteige, so wie die entzündbare Luft nach und nach verzehrt werde, bis ohngefähr auf der Mitte der Flasche. Versetze man aber die entzündbare Luft in einen Zustand, wo sie der gemeinen Luft viel Oberfläche aussetze, so werde dadurch die Verbrennung augenscheinlich beschleunigt, und die ganze Materie entzünde sich auf ein Mal mit einer Explosion. Man könne dieses sehr leicht auf folgende Art beobachten: Ehe man die Flasche in das Gefäfs des pneumatischen Apparats umstürzt, um sie mit entzündlicher Luft anzufüllen, fülle man sie nicht ganz mit Wasser, sondern lasse sie halb voll Luft; dann stürze man sie um,

und fülle die andere Hälfte auf die gewöhnliche Art mit entzündbarer Luft. Ist die Flasche voll, so nehme man sie mit der gehörigen Vorsicht weg, und bringe die Oeffnung an eine Lichtflamme, so wird die entzündbare Luft Feuer fangen, und völlig auf ein Mal mit einer starken Flamme, und einem beträchtlichen Knalle aufgehen, und zuweilen sogar die Flasche zerbrechen. 1)

Ferner führt er folgenden Versuch an: Bindet man ein dünnes Rohr an den Hals einer Blase, füllt diese mit entzündbarer Luft, steckt dieselbe durch ein an das Ende der Röhre gehaltenes Licht an, und drückt zugleich die Blase, so entsteht in der Luft ein brennender Streif, welcher so lange fortdauert, als noch entzündbare Luft in der Blase ist; denn das mit Gewalt aus der engen Röhre ausströmende Gas bleibt noch einen langen Raum hindurch in der Luft brennend. Ferner kann man das Ende der Röhre in Seifenwasser tauchen, und, wenn man es wieder herausgenommen hat, durch gelindes Drücken der Blase eine mit entzündlicher Luft gefüllte Seifenblase hervorbringen. Diese Seifenblase steigt, sobald sie von der Röhre abgeht, in die Höhe, und wenn man ein Licht an das Häutchen der Blase bringt, so zerplatzt dieses augenblicklich, und die entzündbare Luft fängt Feuer, so daſs es scheint, als habe man die Seifenblase angezündet. Dieselben Versuche, ganz so wie sie *Cavallo* erzählt, führt auch *Halle* (Magie, Th. II, p. 73) an. *Karsten* bemerkt (a. a. O. p. 317) in einem Gefäſse mit einer eben nicht weiten Oeffnung fange die entzündbare Luft nur oben an dieser Oeffnung des Gefäſses Feuer, wo sie die gemeine Luft berühre; sei die Oeffnung ziemlich klein, so verlösche sie gemeiniglich bald, und man könne sie auf eben die Art mehr als ein Mal entzünden, so wie sie nach und nach immer wieder mit der gemeinen Luft in Berührung komme; sei die Oeffnung von mäſsiger Gröſse, so laufe die Flamme auch ins Innere des Gefäſses hinein, weil nun sehr bald gemeine Luft ins Gefäſs hinein dringe, indessen brenne doch die Flamme langsam und ruhig fort; sei es ein Gefäſs mit einer sehr weiten Oeffnung, so entzünde sich die ganze darin befindliche Luftmasse auf ein Mal mit einem ziemlichen Schlage, weil nun gleich nach Oeffnung des Gefäſses auf ein Mal sehr viele gemeine Luft hinein dringe, und sich mit der entzünd-

1) *Aus Vergleichung der Erfahrung, daſs das Wasserstoffgas, welches mit der gemeinen Luft in einem Gefäſse zusammen eingesperrt ist, sich bei Annäherung einer Flamme auf ein Mal entzündet, mit der schon oben angeführten, daſs jedes Theilchen des Wasserstoffgas, das sich entzünden soll, mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehen muſs, scheint zu folgen, daſs gegen die Gesetze der Aerostatik beide Luftarten durch das ganze Gefäſs gleichförmig verbreitet sind, daſs also schon eine aneignende Verwandtschaft vor der Berührung mit dem Feuer bei ihnen wirksam war.* v. S. Ph.

entzündbaren vermische; den Schlag könne man noch verstärken, wenn man in einem Gefäfse mit etwas engerer, jedoch wegen der Gefahr der Zersprengung nicht zu kleiner, Oeffnung, gemeine und entzündbare Luft etwa zu gleichen Theilen vermische, und hierauf nach Oeffnung des Gefäfses sie durch Annäherung einer Flamme anzünde. Ferner erzählt er (a. a. O. p. 302), wenn man während der Auflösung des Zinks in Salzsäure ein brennendes Licht nahe an die Oeffnung des Gefäfses, in dem die Auflösung geschieht, bringe, so fange die hervorkommende Luft Feuer, welches bei fortwährender Auflösung des Stoffs in der Säure an der Oeffnung ruhig und ununterbrochen fortlodere; sei aber genug gemeine Luft mit der entzündbaren gemischt, so werde sie mit einem Schlage entzündet. *Hildebrandt* bemerkt (Encyclopädie der gesammten Chemie, Th. II, Heft 9, p. 241) über unsern Gegenstand Folgendes: 1) Man fülle einen hohen weiten Glascylinder mit reinem brennbaren Gas, halte eine Glasplatte unter seine Mündung, hebe ihn, damit gesperrt, aus der Wanne, und kehre ihn um, so, dafs die Mündung nach oben gekehrt ist. Man schiebe die Glasplatte sanft ab, und halte sogleich eine brennende Wachskerze an die Mündung. So verbrennt das im Cylinder enthaltene Gas schnell und mit grofser Flamme, welche jedoch almählig bis zum Boden des Cylinders hinabsteigt. 2) Man fülle eine Flasche, die einen engen Hals hat, mit reinem brennbaren Gas, kehre, indem sie noch mit einem Stöpsel verschlossen ist, ihre Mündung aufwärts, öffne sie, und halte eine brennende Wachskerze an ihre Mündung. So verbrennt das darin enthaltene brennbare Gas langsamer, die Flamme steigte ebenfalls allmählig bis zum Boden des Gefäfses hinab; wenn man aber aus einem andern Gefäfse Wasser in einem schmalen Strale in die Flasche giefst, und damit die Luft allmählig heraustreibt, so kann man die Flamme immerfort an der Mündung erhalten. *) 3) Man fülle die Flasche des *Ehrmann*'schen Schmelzapparats (s. B. III, p. 189) mit einem brennbaren Gas, und bringe an die Mündung der Luftröhre eine enge S-Röhre, welche sich aufwärts krümmt, und mit einem langen engen geraden Schnabel endigt, der senkrecht aufwärts steigt. Man treibe dann das Gas durch den Wasserfall heraus, und zünde den aus der engen Mündung der S-Röhre hervorkommenden Luftstrom an. So erscheint eine schmale länglichte Flamme, welche wegen des nachströmenden

*) *Man darf bei diesem Versuche Wasser mitten durch die Flamme giefsen, ohne dafs sie verlöscht, weil das Wasser durch das Gas hinab auf den Boden fällt, da hingegen bei brennendem Holz, Tocht u. dgl. das Wasser auf der Oberfläche des brennenden Körpers haftet. und die Gemeinschaft desselben mit der äussern Luft unterbricht. Man nehme aber zu diesem Versuche keine schöne Flaschen, weil der durch die Flamme erhitzte Hals von der Berührung des kalten Wassers leicht zerbricht.*

Gas fortdauernd bleibt, bis alles herausgetrieben ist. Dieses letztere läfst sich auch mit einer einfachen Flasche zeigen, auf welche man luftdicht einen wohl eingewässerten Kork steckt, durch den zwei Röhren gehen Die eine Röhre A mufs einige Linien im Durchmesser haben, sich nach oben in einen Trichter endigen, und so lang sein, dafs sie bis fast an den Boden der Flasche hinabragt. Die andere B mufs enger sein, sich nach oben in eine sehr feine Mündung endigen, und kürzer sein, so, dafs sie nur sehr wenig unter dem Stöpsel herabgeht. Wenn nun in den Trichter der Röhre A Wasser gegossen, und immerfort nachgegossen wird, so wird das Gas durch die Röhre B ausgetrieben, und kann an deren Mündung angezündet werden. Eben dieses kann auch verrichtet werden, indem man in die eine Mündung einer Entbindungsflasche, in welcher durch Aufgiefsen einer verdünnten Schwefelsäure auf Eisen oder Zink brennbares Gas entbunden wird, an Statt der S-Röhre eine gerade enge mit einer sehr engen Mündung sich endigende Röhre steckt; nur darf man das ausströmende Gas nicht eher anzünden, bis die atmosphärische Luft aus der Entbindungsflasche völlig ausgetrieben ist, und mufs daher eine nicht zu grofse Flasche nehmen, in der über der Flüssigkeit, aus der das Gas sich entbindet, nur wenig Spielraum bleibt. Soll die Flamme lang und sichtbar strömend werden, so fülle man eine Harnblase, deren Mündung über einem Hahn luftdicht verbunden ist, mit dem brennbaren Gas bis zum Strotzen an, und schraube ein feines Röhrchen an den Hahn, öffne ihn, drücke die Blase ein wenig zusammen, so, dafs das Gas anfange auszuströmen, und an einer vorgehaltenen Kerze sich entzünde. Man kann alsdann nach Belieben durch stärkern oder schwächern Druck die Flamme verlängern oder verkürzen. Bei allen diesen Versuchen, zumal aber bei denen, bei welchen das Gas in engmündigen Gefäfsen enthalten ist, mufs man sich sehr hüten, dafs keine atmosphärische Luft zu dem brennbaren Gas getreten sei, daher nur das später entbundene Gas nehmen, und die mit dem Gas gefüllten Flaschen nicht frei auf einem Gesimse stehen lassen, sondern ihre Hälse in ein mit Wasser gefülltes Gefäfs stecken. *Guyton Morveau* führt (*Encyclop. méthod. Chimie*, *T. I*, *p.* 717) an, wenn man eine Bouteille mit reinem Wasserstoffgas anfülle, sie mit dem Finger verstopfe, und so aus der pneumatischen Wanne hinaus nehme, darauf die Mündung wieder öffne, und sogleich eine angezündete Kerze an dieselbe bringe, so entzünde sich das Gas, und man sehe die Flamme allmählig in die Flasche hinunter steigen. Wenn man mit diesem Gas eine grofse Glasglocke, oder einen Recipienten, der an seiner Mündung mit einer geraden oder krummen Röhre versehen sei, anfülle, das Gas dadurch zusammendrücke, dafs man den Recipienten unter das Niveau des Wassers in der Wanne bringe, alsdann den Hahn öffne, und der Mündung der Röhre eine Kerzenflamme nähere, so ent-

zünde sich das Gas sogleich, und bilde das sogenannte philosophische Licht, welches so lange daure, als noch Gas im Gefäſse sei, und man dieses dadurch zwinge zu entweichen, daſs man den Recipienten unter das Wasser hinabdrücke. Auch eine an einem Hahn oder nur an einer einfachen kleinen Glasröhre angebrachte Blase, aus der man das Gas herausdrücke, sei hinreichend, diese Erscheinung zu zeigen; doch müsse man hiebei nicht aus den Augen verlieren, daſs die Blasen auf eine merkliche Weise Luft durch ihre Poren durchlassen, so, daſs man einiger Gefahr (wegen Vermischung mit gemeiner Luft) ausgesetzt sein mögte, wenn man die Blase nicht bald nach der Füllung ausdrücke. Wenn man eine Bouteille mit ²/₃ gemeiner Luft, und ¹/₃ Wasserstoffgas anfülle, die Bouteille, während man den Finger auf ihre Oeffnung halte, umkehre, und ihr nun einen flammenden Körper darbiete, so sehe man nun die Flamme nicht mehr allmählig in die Flasche herabsteigen, sondern die Entzündung der ganzen Masse geschehe mit einem Male und augenblicklich, oder es sei vielmehr eine wahre Explosion mit einem Geräusch, das dem eines Pistolenschusses ähnlich sei. *Halle* sagt (Magie, Th. I, 1784, p. 86), der entzündbare Schwaden werde mit starkem Knalle und geringem Leuchten, oder mit starkem Lichte und geringem Knalle entzündet, je nachdem er mit mehr oder weniger gemeiner Luft vermischt sei. Derselbe bemerkt (fortgesetzte Magie, B. III, p. 9), die brennbare Luft brenne, so lange sie rein sei, langsam und schwach, wenn man sie aber mit zwei Theilen gemeiner Luft vermische, so mache sie einen langen Flammenstral, und entzünde sich mit einer Explosion. Wenn man eine erweichte Blase mit brennbarer Luft fülle, aber wohl dafür sorge, daſs keine gemeine Luft mit hineinkomme, dann an ihrem Halse eine eiserne kegelförmige Röhre von vier bis fünf Zoll Länge befestige, und an der Spitze der Röhre ein kleines Schraubengewinde anbringe, um daran eine kleine Kugel von Kupfer zu befestigen, die ein kleines Loch zum Ausgange der Luft habe, und nachdem die Elektrisirmaschine wohl geladen sei, die Kugel der Blase an den ersten Leiter halte, und so den elektrischen Funken an das kleine Loch der Kugel führe, so entzünde sich die brennbare Luft in dieser Blase sogleich, welche völlig wie eine Klystirspritze aussehe, und wenn man mit der andern Hand die Blase zusammendrücke, so bekomme man keinen fortgehenden Flammenstral, der lebhaft und orangenfarben sei, und den man durch Druck schwach oder stark machen könne. Schraube man an die Spitze der Röhre eine Kugel mit fünf oder sechs kleinen Löchern, deren jedes um zwei oder drei Linien von andern entfernt sei, so blase diese Feuerfontaine eine Garbe von eben so vielen Strahlen. Sei die Oeffnung ganz klein, so bekomme man eine Glasblaselampe; setze man aber an Statt der Kugel eine feine hohle Metallspitze auf, so leuchte diese Spitze blos; die Elektricität möge so stark

sein, als sie immer wolle, so entwische doch die Luft, ohne sich zu entflammen. Auch *Kratzenstein* sagt (Vorles. über die Experimentalphysik, Kopenhagen 1787, p. 16), ohne vorherige Vermischung mit gemeiner Luft brenne die entzündbare langsam, oder gebe wiederholte Schüsse; zwei Theile gemeiner mit drei Theilen brennbarer gemischt, geben aber nur einen starken Schufs. *Trommsdorff* führt (Systemat. Handb. der Chemie, B. I, p. 149) an, das Wasserstoffgas brenne an der Mündung einer Flasche mit einer Flamme, die allmählig hinabsteige; werde es mit atmosphärischer Luft vermischt und angezündet, so verbrenne es mit einem sehr heftigen Knalle und einer starken Flamme, es sei aber sehr gefährlich, solche Explosionen in gläsernen Gefäfsen zu unternehmen. *Volta* bemerkt, (in d. ang. Brief. über Sumpfluft, p. 54) wenn er dem Elektricitätsleiter das Ende eines gekrümmten Röhrchens entgegen halte, welches in den Hals eines Glasfläschchens eingesteckt sei, worin Vitriolsäure und Eisenfeilspäne heftig zusammen gähren, so entflammen die von dem Leiter ausgestofsenen elektrischen Funken zuweilen auch die blofse Flamme, oder das Sternchen, die Luft, die durch das Röhrchen ausschwitze, und nachdem die Entzündung ein Mal geschehen sei, erhalte sich die Flamme, und verzehre die neue Nahrung, welche in Einem fort und ununterbrochen durch das Röhrchen zufliesse. Wenn er die Flamme gerade zu der Zeit, da sie mit Lebhaftigkeit aufsteige, dadurch ersticke, dafs er die Mündung des Röhrchens mit dem Finger zuhalte, und bald darauf den Finger wieder abhebe, so geschehe es nicht selten, dafs sie von Neuem und ganz unversehens sich von selbst wieder entzünde, und so zu wiederholten Malen nach Mafsgabe des Verschliessens und Wiederöffnens der Röhre; vermittelst einiger Geschicklichkeit sei dasselbe Schauspiel auch zu erhalten, wenn man die entzündbare Luft aus einer damit angefüllten Harnblase, in deren Hals ein Röhrchen eingebunden ist, so zu sagen herausmelke. *Priestley* sagt (Vers. u. Beobacht. über verschied. Theile der Naturl B. III, a. d. Engl. Wien und Leipzig 1787), die Art entzündbarer Luft, die man durch Hülfe der Säuren u. s. w. aus Metallen erhalte, entzünde sich immer mit einer Explosion, und verursache einen mehr oder weniger heftigen Knall, wenn man ein brennendes Licht in einen mit dieser Luft gefüllten Cylinder tauche. *Cavendish* vermischte entzündbare Luft, die durch Auflösung des Zinks in verdünntem Vitriolöl hervorgebracht war, mit gemeiner Luft in verschiedenen Verhältnissen, und probirte die Entzündbarkeit dieser Mischung auf folgende Art (*Philosoph. Transact. Vol. LVI, year* 1776, *p.* 141; neues Hamburgisches Magazin, St. 71, Leipzig 1772, p. 396; bei Cavallo a. a. O. p. 607; bei Macquer a. a. O. Th. II, p. 807): Es wurde eine Quartflasche über Wasser mit einer dieser Mischungen angefüllt, dann heraus genommen, gerade in die Höhe auf den Tisch gestellt, und eine Flamme an die Mündung

derselben gehalten. Um zu verhindern, daſs die eingeschlossene Luft sich nicht mit der auswendigen vermischen mögte, ehe die Flamme daran gebracht werden konnte, bedeckte er die Mündung der Flasche, während sie sich noch unter dem Wasser befand, mit einer Kappe von einem Stück Holz, welches einige Mal mit Lappen umwickelt war, und nahm dieselbe nicht eher, als gerade in dem Augenblicke, da die Flamme daran gehalten wurde, hinweg. Er probirte alle Mischungen in derselben Flasche, und da sie alle schon fertig waren, und in Bereitschaft standen, ehe die Entzündbarkeit einer jeden derselben probirt wurde, so verstrich zwischen jedem Versuche nur wenig Zeit, wodurch es leichter wurde, den lauten Schall der verschiedenen Versuche zu vergleichen. Das erhaltene Resultat ist folgendes: Das Gemisch von einem Theile entzündbarer mit neun Theilen gemeiner wollte, als er angezündetes Papier an die Oeffnung der Flasche hielt, kein Feuer fangen; als er es aber in den Bauch der Flasche brachte, fing die Luft zwar Feuer, machte aber nur einen ganz schwachen Laut. Das Gemisch von 2 Theilen entzündbarer Luft mit 8 Theilen gemeiner fieng beim Anhalten der Flamme an die Mündung der Flasche Feuer, und fuhr mit mittelmäſsig starkem Laut heraus; bei drei Theilen entzündbarer Luft mit sieben Theilen gemeiner war der Laut sehr stark; bei vier Theilen entzündbarer und sechs Theilen gemeiner schien der Laut noch etwas stärker zu sein; bei gleichen Quantitäten von entzündbarer und gemeiner Luft schien ihm der Laut eben so stark zu sein. Bei dem ersten Versuche fing die Mischung nicht auf ein Mal Feuer, als er das brennende Papier in die Flasche hielt, sondern die Flamme verbreitete sich nach und nach die Flasche hindurch. Bei den drei nachfolgenden Versuchen erfolgte zwar ein Knall, es zeigte sich aber nicht das geringste Licht in der Flasche; bei dem Versuche mit gleichen Quantitäten der Luftarten sah man zwar ein Licht in der Flasche, dieses hörte aber geschwind auf. Bei sechs Theilen entzündbarer Luft, und vier Theilen gemeiner war der Laut eben nicht sehr stark. Die Mischung blieb in der Flasche noch eine Zeitlang brennen, als der Laut bereits vorüber war. Bei sieben Theilen entzündbarer und drei Theilen gemeiner Luft war ein ganz gelinder krachender Klang, oder vielmehr ein plötzlicher Stoſs, zu vernehmen. Die Mischung blieb einige Sekunden hindurch in dem Bauche der Flasche brennen. Das Gemisch von acht Theilen entzündbarer Luft und zwei Theilen gemeiner entzündete sich, als die Flamme daran gehalten wurde, aber ohne den geringsten Laut. Es blieb eine Zeitlang in dem Halse der Flasche brennen, und ging nachher aus, ohne daſs die Flamme sich irgend in den Bauch der Flamme erstreckt hätte. Um zu erfahren, ob sich in Ansehung der Entzündbarkeit zwischen der vermittelst verschiedener Metalle und Säuren hervorgebrachten Luft einiger Unterschied fände, versuchte er fünf verschiedene Arten von Luft, nemlich,

1) eine durch Zink und verdünntes Vitriolöl hervorgebrachte, und die ohngefähr 14 Tage lang aufbewahrt war; 2) dieselbe Luft, die aber erst frisch gegewonnen war; 3) eine aus Zink und Salzgeist gewonnene; 4) eine durch Eisen und Vitriolsäure dargestellte; und 5) eine aus Zinn und Salzgeist gewonnene; deren jede er besonders mit gemeiner Luft in dem Verhältnisse von 2 Theilen entzündbarer zu 7 $^7/_{10}$ gemeiner Luft vermischte, und deren Entzündbarkeit er in derselben Flasche, die er zu den erzählten Versuchen gebraucht hatte prüfte. Es fuhr eine jede mit einem ziemlich starken Laute, und ohne den geringsten merklichen Unterschied in Ansehung der Stärke des Schalles heraus. Er vermischte hierauf etwas mehr von jeder der vorher erwähnten Luftportionen mit gemeiner, in dem Verhältnisse, von 7 Theilen entzündbarer zu 3 $^1/_5$ gemeiner, und stellte den Versuch eben so wie vorher an. Es fuhr eine jede mit einem gelinden Schlage heraus, und blieb eine Zeitlang in der Flasche brennen, ohne dafs er den geringsten Unterschied dabei hätte bemerken können. Um zu verhüten, dafs er bei dem etwa erfolgenden Zerspringen der Flasche keinen Schaden nähme, bediente er sich gewöhnlich bei der Anstellung dieser Art Experimente einer so eingerichteten Geräthschaft, dafs er vermittelst des Ziehens an einer Schnur die Flamme einer Lampe über die Mündung der Flasche brachte, und zugleich die Kappe herab zog, wobei er einen Standpunkt, der ihn vor aller Gefahr schützte, nehmen konnte. Er meint indessen, dafs diese Vorsicht nicht sehr nöthig sein mögte, indem es ihm niemals wiederfuhr, dafs eine Flasche bei einem von ihm angestellten Versuche zersprang.

Dafs bei der Entzündung eines Gemisches aus atmosphärischer Luft und brennbarer ein Knall entstehe, führen auch an, *de Lassone* (*Mémoires de Paris*, *an.* 1776, p. 686; Crell's neuest. Entdeck. in der Chemie, Th. II, p. 143); *Ingenhoufs* (a. a. O. p. 225). Bei *Karsten* (a. a. O. p. 632) heifst es, man könne die Gewalt, mit der die Entstehung geschehe, je nachdem mehr oder weniger atmosphärischer Luft dabei hinzutrete, am besten in offenen Gefäfsen zeigen, die eine weite Mündung haben, z. B. Blumengläser, auf denen man die Hyacinthen im Winter über dem Wasser zum Treiben bringe. Neun Theile gemeine Luft mit einem Theile brennbarer brennen langsam mit einem geringen Knalle; je mehr brennbare Luft man mit einer gleichen Menge gemeiner Luft vermische, desto schneller erfolge die Entzündung, und mit desto stärkerem Geräusch; sieben Theile gemeine und drei Theile brennbare Luft, auch gleiche Theile von beiden, platzen heftig, und man sehe wegen Geschwindigkeit der Entzündung fast keine Flamme; nehme man mehr brennbare Luft, als gemeine, so erfolge die Entzündung langsamer mit einem starken Leuchten. *Trampel* sagt (Crell's chem. Annalen, 1784, B. II, p. 428), ein Gemisch von einem Theile brennbarer Luft zwei Theilen gemeiner sei fast eben so wirksam, wenn

es angezündet werde, als die mit $^1/_3$ dephlogistisirter Luft gemischte brennbare. Nach *Neret's* Versuchen sollte die entzündbare Luft aus Metallen nur in offenen Gefäfsen verplatzen (bei Macquer a. a. O. Th. II, p. 836.) *Gren* führt (Grundrifs der Naturlehre, Halle 1793, p. 614) an, wenn man das brennbare Gas mit etwa drei Theilen atmosphärischer Luft vermische, so brenne es bei der Entzündung mit einem starken Knalle ab; das Gemisch heisse auch Knallluft. *Rosenthal* sagt, die aus mineralischen Körpern gezogene brennbare Luft brauche nur zwei Theile gemeine Luft, um sich mit einem Knalle zu entzünden. *Kries* bemerkt (in s. Ausgabe von Euler's Briefen über verschied. Gegenst. aus der Naturlehre, B. III, p. 248), bei der Entzündung des Gemisches von atmosphärischer Luft mit brennbarer entstehe ein Knall, der desto heftiger sei, je reiner die beigemischte Luft, und je besser das Verhältnifs der Mischung getroffen sei; man rechne ohngefähr zwei Theile atmosphärischer Luft auf einen Theil brennbarer; der Knall sei mit einer starken Explosion verbunden, die es gefährlich machen würde, ein Glas mit einer solchen Mischung in der Hand anzuzünden. Ueberhaupt taugen gläserne Gefäfse zu diesen Versuchen nicht, besser seien Blasen, und selbst Seifenblasen oder ein Gäscht von Seifenwasser, wozu man diese Knallluft genommen habe. *Halle* sagt (Magie, Th. II, p. 69) zu der Entflammung der entzündbaren Luft gehöre eine Mischung von halb gemeiner und halb brennbarer Luft, ob letztere gleich auch in der Verbindung mit viel mehr gemeiner Luft aufflamme. Wenn von einer oder der andern Art zu viel genommen werde, so falle der Knall schwach aus. Sei zu viel von der brennbaren Luft, so entzünde diese sich nur zum Theil, und man könne den übrigen Theil noch zum zweiten Male abbrennen, wenn man von Neuem gemeine Luft zusetze. Sei zu viel von der gemeinen Luft genommen, so verschaffe man sich durch neue Zusätze von brennbarer Luft mehrere Entzündungen nach einander. Mit vier Maas entzündbarer Luft, und 2 $^1/_4$ Maas als der kleinsten möglichen Menge, gemeiner Luft entstehe der schwächste Grad der Entzündung; mit vier Maas entzündbarer und 11 Maas gemeiner erreiche man den stärksten Grad der Entflammung und Verpuffung; mit vier Maas brennbarer und 53 $^7/_9$ gemeiner Luft, oder der gröfsten möglichen Menge gemeiner Luft verrichte man die allerkleinste Explosion; die Mischung aus vier Theilen entzündbarer und 2 $^1/_4$ Theilen gemeiner Luft bedürfe zu ihrer Explosion und Entflammung nur des schwächsten elektrischen Funkens, z. E. des der Taschenmaschine. *Hildebrandt* führt (Encyclopädie der Chemie, B. I, p. 159) an, vermöge der grofsen Ausdehnung, die ein Gemisch von atmosphärischer Luft und Wasserstoffgas durch die Entzündung erhalte, fahre dasselbe, noch ehe es ganz verbrannt sei, heftig zur Mündung des es enthaltenden Gefäfses heraus, werfe, wenn diese verschlossen sei, das Verschliessende, den

Stöpsel, mit einem heftigen, Knall bewirkenden, Stofse heraus, oder zersprenge gar das ganze Gefäfs. Man nenne daher ein Gemenge von brennbarem Gas und atmosphärischer Luft, Knallluft; solche Knallluft könne in einem verschlossenen Gefäfse am besten durch den elektrischen Funken entzündet werden, den man durchschlagen lasse; so in der Volta'schen (weiter unten zu beschreibenden) Pistole. *Thomson* führt (System der Chemie, Wolff's Ausgabe, B. I, p. 70) an, wenn zwei Theile Wasserstoffgas mit sechs Theilen atmosphärischer Luft (dem Volumen nach) vermischt werden, so knalle die Mischung sehr heftig. Auch *Klose* sagt (Pharmacologie, Th. II, B. I, p. 72), ein Gemisch aus Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft, im Verhältnifs 1 : 3 dem Raume nach, entzünde sich durch den elektrischen Funken, brenne schneller, und verursache dabei einen heftigen Knall. *Priestley* behauptet (S. Cavallo a. a. O. p. 606), um den stärksten Knall, der mittelst der gemeinen Luft durch die entzündliche zu bewirken sei, hervorzubringen, müsse letztere mit ²/₃ von gemeiner Luft vermischt werden. 1) Derselbe bemerkt (Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft, Th. I, Wien und Leipzig 1778, p. 56), man könne den höhern Grad der Entzündbarkeit der brennbaren Luft nach der gröfsern Anzahl von Explosionen, die nach einander erfolgen, wenn man ein Licht vor die Oeffnung eines damit angefüllten Fläschchens halte, schätzen. Um diese Probe anzustellen, müsse man die Oeffnung des Fläschchens nach einer jeden Explosion, die unmittelbar eine Flamme begleite, verstopfen, weil sonst die entzündbare Luft so lange fortbrenne, bis sie gänzlich verzehrt sei; ohngeachtet man dieses am Tage nicht bemerken könne. *Trampel* erzählt folgendermafsen einen Vorfall, der die Explosion bei Entzündung des Wasserstoffgas betrifft. (Crell's chem. Annal. 1784, B. II, p. 428): „Auf meinem Zimmer standen verschiedene zugestopfte Quartierbouteillen, in welchen brennbare Luft gewesen war. Ein junger Wundarzt kam in den Abendstunden einst zu mir, nahm eine von diesen ledigen Bouteillen in die Hand, ging ans Licht und zog den Kork heraus: kaum hatte er dieses gethan so entzündete sich

1) *Dies bestätigt sich indessen keineswegs. Soll der Knall heftig sein, so mufs immer dem Volumen nach mehr atmosphärische als brennbare im Gemisch sein; ich glaube deshalb fast, dafs das obige Verhältnifs nur ein Fehler vom Uebersetzer ist, und dafs im Originale, das mir nicht zu Gebote steht, angeführt ist, nach* Priestley *müssen in dem Gemisch von entzündlicher und gemeiner Luft zwei Drittheil gemeine sein, wenn der stärkste Knall hervorgebracht werden solle. Indessen mögte zu dem letztern Zwecke doch das von* Wolff *und* Klose *angeführte Verhältnifs das beste sein.* *v. S. Ph.*

sich die Luft in der Bouteille mit einem Knalle, und zerschmetterte das Glas in seiner Hand in unzählige Stücke."

Leonhardi (in s. Ausgabe in Macquer's chem. Wörterb. Th. II, p. 836) *Rosenthal* (natürl. Magie, B. VII, p. 175) bemerken, die Farbe der Flamme der angezündeten brennbaren Luft sei nach verschiedenen Umständen verschieden. *Scheele* sagt (phys. und chem. Werke, Hermbstäd's Ausgabe, B. I, p. 65), die aus der Vermischung von verdünnter Schwefelsäure und Eisen aufsteigende, und nur mit der atmosphärischen Luft durch eine dünne offene Röhre in Berührung stehende, entzündliche Luft brenne mit einer kleinen gelbgrünlichten Flamme. Nach *Sigaud de la Fond* soll das Gemisch von brennbarer Luft mit gemeiner eine in ihrer Mitte und unterwärts meistentheils etwas grünlicht ausfallende Flamme geben. (bei Macquer a. a. O.) *Morgan* behauptet (*Philosoph. Transact. Vol. LXXV*, erste Abtheil. p. 1; Voigt's Magazin für das Neueste aus der Physik u. s. w. B. IV, St. I, p. 149; Samml. zur Physik und Naturgesch. B. IV, p. 202), die Flamme der entzündbaren Luft werde weifs, mit Indig und Violetblau schattirt, wenn sie sich in Verbindung mit gemeiner Luft befinde. Dasselbe führt *Heinrichs* (Preisschrift vom Lichte, p. 325) an. *Rosenthal* sagt (Magie, B. IV, p. 126), die Flamme der aus mineralischen Körpern gezogenen brennbaren Luft sei roth. *Fontana* bemerkt (*Philosoph. Transact. Vol. LXIX, Part. II, n.* 24; *Critical Rewiew, Aug.* 1780, *p.* 127 *f.;* Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. II, p. 496), die durch Vitriolöl aus Metallen besonders aus Eisen und Zink erhaltene entzündbare Luft brenne, wenn sie der Flamme eines Lichts ausgesetzt werde, nicht allein mit einer weifsen ins Grüne fallenden Flamme, sondern sie gebe auch eine Art von Funken oder Explosionen, welche man durch ihr lebhaftes Licht sehr leicht von dem Körper der Flamme unterscheiden könne. Diese Funken, welche eine lebhafte Farbe haben, sprühen nach allen Richtungen aus. Man könne sie mit den Funken vergleichen, die von einem glühenden Eisen abspringen, oder mit kleinen einzeln angezündeten Pulverkörnern; oder auch mit dem Sprühen einer Kohle, welche indessen hier ohne Geräusch sei; die Luft aus Eisenspat aber gebe fast gar keine Funken. *Halle* führt (Magie Th. I, Berlin 1784, p. 86) an, die entzündbare Luft, welche man aus Metallen herausziehe, verbrenne in offenen Gefäfsen nur mit schwachem Knalle und mit umher geworfenen Funken; hingegen mit einem starken Musketenknalle aus der elektrischen (weiter unten zu beschreibenden) Pistole. *Leonhardi* bemerkt (bei Macquer a. a. O. Th. II, p. 837), die Flamme der metallischen entzündbaren Luft sei unter den Flammen der verschiedenen entzündbaren Gasarten die lebhafteste und glänzendste. Die Herren von *Humboldt* und *Gay Lussac* sagen (*Journal de Physique*, Pluv. XIII, T. LX; neues allgemeines Journal der Chemie, B. V,

H. 1), wenn man eine Wasserstoffgaslampe unter eine Glocke mit Sauerstoffgas stelle, so werde die Flamme klein, lebhaft und schwach gefärbt sein; sei die Glocke mit atmosphärischer Luft gefüllt, so werde die Flamme einen gröfsern Umfang haben, weniger lebhaft und stärker gefärbt sein; in dem Maafse, wie das Sauerstoffgas abnehme, werde die Flamme aufs Neue wachsen, und bald nachdem sie sich schwach bläulichgrün gefärbt habe, erlöschen. Nach *de la Metherie* (Ueber reine Luft, Th. I, Leipzig 1791, p. 143) ist die Farbe der Flamme der entzündbaren Luft aus Eisen röthlich weifs, aus Zink noch weifser. 1)

Bei dem Verbrennen des Wasserstoffgas in der atmosphärischen Luft wird das Volumen der elastischen Flüssigkeiten vermindert. — Als *Volta* ein Gemisch von entzündlicher und gemeiner Luft in Röhren, deren Ende in Wasser tauchte, entzündete, so fand er, dafs sich der Umfang beträchtlich verminderte, dafs diese Verminderung mehr als den Antheil an entzündlicher Luft betrug, und dafs die atmosphärische Luft nur in Verhältnifs des Gehalts an Lebensluft zu der Unterhaltung des Verbrennens tauglich war. 2) Nach und nach gelangte er dahin, mit grofser Genauigkeit die Menge der durch das Entzünden verloren gegangenen atmosphärischen Luft zu bestimmen. (*Encyclop. méthod. Chimie*, T. III, p. 491). *Scheele* machte (a. a. O. B. I, p. 65) folgenden Versuch über diese Verminderung: In ein Glas, welches zwei Unzen Wasser enthalten konnte, legte er drei Theelöffel voll Eisenfeilspäne, gofs eine Unze Wasser hinzu, und mischte diesem nach und nach eine halbe Unze Vitriolöl bei. Als das Aufbrausen schon etwas gemäfsigt war, steckte er einen genau schliefsenden Korkstöpsel ins Glas, in den er vorher eine gläserne Röhre hineingesteckt hatte. Dies Glas stellte er in ein Gefäfs voll heifsen Wassers, entzündete dann die brennbare Luft durch eine gegen die Oeffnung der Röhre gehaltene Kerzenflamme, und hielt nun einen kleinen Kolben, der zwanzig Unzen Wasser fassen konnte, so in das Wasser, dafs die kleine Flamme sich in der Mitte des Kolbens befand. Das Wasser fing sogleich im Kolben an zu steigen, und stieg zu einer beträchtlichen Höhe, bis die Flamme erlosch; gleich darauf fing das Wasser an wieder nieder zu sinken, und wurde gänzlich aus dem Kolben getrieben. Der Raum des Kolbens, in welchen das Wasser eingedrungen war, fafste 4 Unzen, es war demnach der fünfte Theil der Luft verloren gegangen. Als er den Versuch mit Zinkfeile, an Statt der Eisenfeile, wiederholte, war das Resultat ganz dasselbe.

1) *Die verschiedenen Färbungen der Flamme rühren ohne Zweifel von den verschiedenen Verunreinigungen des Gas her; hätte man das Wasserstoffgas ganz rein, so würde die Flamme wahrscheinlich ganz ungefärbt, oder, wie man zu sagen pflegt, weifs sein.* v. S. Pb.

2) Hierauf gründete sich sein vorgeschlagenes weiter unten zu beschreibendes Eudiometer.

Lavoisier sagt (*Mémoire de Mathemat. et de Physique de l'Académ. Paris ann.* 1781, p. 398), *Scheele* habe gefunden, dafs durch die Verbrennung der vermittelst des Eisens oder Zinks und der Vitriolsäure erhaltenen brennbaren Luft die atmosphärische um ein Viertel vermindert werde. *Warltire* machte folgenden hieher gehörenden Versuch (Priestley's Vers. und Beobacht. über verschiedene Gattungen der Luft, Th. III, aus dem Engl., Wien und Leipzig 1780, Anhang, p. 4): Er steckte eine Glasröhre durch einen Korkstöpsel, mit welchem er eine Flasche mit rundem Boden verschlofs, so, dafs der gebogene Theil der Röhre, wenn sie über den Rand einer pneumatischen Wanne gehängt wurde, ohngefähr 2 Zoll unter dem Wasser stand, ihr Ende aber vier Zoll höher, als die Krümmung hinauf stieg. Waren in die Flasche die Ingredienzen gethan, die zu einer schnellen Entwickelung der entzündbaren Luft vorzüglich tauglich sind, so wurde letztere so wie sie aus dem Ende der Röhre heraus kam, angezündet. Dann wurde eine Luftpumpenglocke über die angezündete Luft gebracht, und der Rand derselben ins Wasser über die Krümmung der Röhre gesenkt. Es ging fast eben so viel entzündbare Luft verloren, als das Volumen der gemeinen betrug, und diese zog sich um ein völliges Fünftel ihres anfänglichen Volumens zusammen. *Cavendish* fand (a. a. O.) folgende Verminderungen beim Verbrennen, bei deren Angabe das Volumen der entzündbaren Luft in Decimaltheilen der gemeinen ausgedrückt ist:

Gemeine Luft.	entzündliche Luft	Verminderung.	Rückbleibsel nach der Verpuffung.	Luftprobe durch Calcination der Metalle.	Grad der Reinigkeit.
1	1,241	0,686	1,655	0,055	0,0
1	1,055	0,642	1,413	0,063	0,0
1	0,706	0,647	1,059	0,066	0,0
1	0,423	0,612	0,811	0,097	0,03
1	0,331	0,476	0,855	0,339	0,27
1	0,206	0,294	0,912	0,648	0,58

Herr *Cavendish* bediente sich gewöhnlich dabei der Luft aus Zink; er machte aber auch zwei Versuche mit der aus Eisen; beide Arten gaben ganz gleiche Resultate. *Ingenhoufs* erzählt (Vermischte Schriften, Molitor's Ausgabe, B. I, p. 330), er habe eine von Herrn *Nairne* zu London aus Messing verfertigte starke Pistole mit einer Knallluft zu gleichen Theilen gemeiner und einer durch Vitriolsäure aus Metallen gezogenen brennbaren Luft geladen, und nachdem er eine mit Leder umwickelte Bleikugel mit Gewalt in den Lauf der Pistole eingetrieben habe, das Gemisch durch einen elektrischen Funken entzündet; die Explosion habe weder die zu fest eingetriebene Kugel heraus zu drücken, noch die Pistole zu zersprengen vermogt; er habe den Inbegriff

der Luft über die Hälfte vermindert gefunden, welches der Stempel gezeigt habe, der den Grund der Pistole ausmachte, und die Luft, womit er die Pistole laden wollte, einzusaugen diente. Dieser Stempel wurde nemlich nach der Entzündung durch den Druck der Atmosphäre bis in die Mitte der Pistolenhohlung hineingedrängt; eine Folge eines durch die Verzehrung der Luftmasse entstandenen luftverdünnten Raumes. *Guyton Morveau* führt (*Encyclop. méthod. Chimie*, I, p. 717) an, wenn man Wasserstoffgas an der Mündung einer damit gefüllten Flasche entzünde, und ehe die Flamme noch verlöscht sei, den Hals der Flasche in Wasser oder Quecksilber tauche, so werden die Flüssigkeiten fast augenblicklich in dieselbe eindringen, und einen Theil derselben ausfüllen. Ferner erzählt er (a. a. O. p. 718), wenn man in einen Kolben oder ein Medicinglas Eisen, oder Zink und verdünnte Schwefelsäure bringe, das Glas durch einen Kork verstopfe, der eine so gekrümmte Röhre halte, daſs wenn sie mit ihrer obern Krümmung an dem Rande der pneumatischen Wanne aufgehängt sei, ihre untere Krümmung sich ohngefähr 2 Zoll unter dem Niveau des Wassers, und ihr Ende 4 oder 5 Zoll über demselben befinde, nachdem der gröſste Theil der Luft des Gefäſses durch das aufsteigende Gas ausgetrieben sei, dem Ende der Röhre einen angezündeten Wachsstock nähere, und über dasselbe sogleich eine groſse mit gemeiner Luft angefüllte Glocke bringe, die man etwas unter dem Niveau des Wassers feststelle, so werde die Flamme so lange fortdauern, als noch Luft, die sie zu unterhalten vermögend sei, sich in der Glocke befinde, wobei die Luft um etwas mehr, als ein Fünftel vermindert werde. Er erinnert zugleich, daſs diese Verfahrungsart von *Warltire* angegeben sei. Nach *Sennebier* (phys. chem. Abhandl. über den Einfluſs des Sonnenlichts u. s. w. Th. IV, p. 200) bringt eine frisch vermittelst des Eisens und der verdünnten Vitriolsäure hervorgebrachte entzündliche Luft unter den verschiedenen Arten des brennbaren Gas die gröſste Absorbtion der gemeinen Luft zu wege. In seinen analytischen Unters. über die Natur der brennbaren Luft (Crell's Uebersetuung, Leipzig 1785, p. 62) bemerkt er indessen, „die brennbare Luft, die aus Vitriolsäure und Eisen gemacht sei, zeige immer dieselben Erscheinungen bei der Verbrennung, als die brennbare Luft aus Vitriolsäure und Zink." Um drei Maas von der aus Zink und Kochsalzsäure „gemachten" brennbaren Luft durch starke elektrische Funken zu entzünden, brauchte er 1 $^{3}/_{5}$ Maas (a. zuletzt a. O., und bei Macquer a. a. O. Th. II, p. 836) zu der durch flüchtiges Alkali aus Zink gewonnenen 1 $^{2}/_{5}$ (bei Macquer a. a. O.) Als *Priestley* (Vers. und Beobacht. über verschied. Theile der Naturl. B. I, p. 294) durch ein in einer Glasröhre enthaltenes Gemisch von 1 Maas entzündbares (aus Eisen und verdünnter Vitriolsäure erhaltener) Luft, und 4 Maaſsen gemeiner den elektrischen Funken schlagen lieſs, so wurde die

Luft eben so stark vermindert, als ein Maas von Salpeterluft vier Maafse gemeiner Luft zu vermindern pflegt, nemlich von 7,4 auf 5,2 Maafse. *de la Metherie* bemerkt (a. a. O. Th. I, p. 148), ein Maas atmosphärischer Luft könne ein Maas brennbarer Luft nicht ganz verbrennen; denn diese beiden Maafse haben ihm zum Ueberbleibsel 1,25, 1,30 gegeben, während zwei Maafse atmosphärischer Luft mit einem Maafse entzündlicher gemischt 1,75, 1,80 geliefert haben. *Fourcroy* führt *Encyclop. méthod.* T. IV, p. 278) an, von den bei dem Verbrennen zerstörten Gasarten sei etwa ein Drittel Sauerstoffgas (dem Volumen nach.)

Bei der Entzündung des Wasserstoffgas äufsert sich freie Wärme. — *Warltire* bemerkt (bei Priestley a. a. O. Th. III, Anhang, p. 4; Macquer a. a. O. Th. II, p. 833), das Wasserstoffgas verbrenne in der gemeinen Luft mit grofser Hitze. *Leonhardi* führt (bei Macquer a. z. a. O. p. 837) an, obgleich die Hitze, welche bei dem Anzünden der brennbaren Luft entstehe, lange nicht so grofs, als diejenige sei, welche die Emaillirlampe in den Versuchen mit dem Löthrohre hervorbringe, so sei dieselbe dennoch im Stande, das Zinn in einer weit kürzern Zeit in Flufs zu bringen, als jene. Man habe diese Erfahrung dem Herrn *Chaussier* zu verdanken. Dieser belegte die Kugel eines Thermometers mit einem dünnen Zinnblättchen, setzte dieselbe der Flamme der entzündbaren Luft aus, und bemerkte, dafs die Flüssigkeit im Thermometer lange nicht so hoch stieg, als sie zu steigen pflegt, wenn ein ähnliches Zinnblättchen durch die Flamme der Emaillirlampe geschmolzen wird. *De la Metherie* führt (a. a. O. Th. II, p. 575) an, so bald man brennbare Luft entzünde, so scheide sich der in dieser Substanz gebundene Hitzstoff ab, und bringe bemerkbare Wärme, Schmelzen, Verbrennen, oder Zersetzung der Körper zum Vorschein. Auch *Halle* sagt (Magie, Th. I, 1784, p. 86), die Hitze bei der Entflammung der entzündlichen Schwaden könne Zinn schmelzen.

Durch das Verbrennen des Wasserstoffgas kann bei gehöriger Vorrichtung ein dem Harmonikaton ähnlicher Schall hervorgebracht werden. — Herr *de Luc* machte (in s. neuen Ideen über Meteorologie, a. d. Französ. Th. I, Berl. und Stett. 1787, p. 138), so viel uns bekannt, zuerst hierauf aufmerksam. Er sagt, wenn man den Schnabel einer Lampe mit brennbarer Luft in das Innere einer langen und engen Glasglocke bringe, so höre man einen sehr deutlichen Ton. Dieser Ton rühre nicht, oder doch wenigstens nur zufällig von dem Klang der geschlagenen Glocke her; er sei von der Natur desjenigen, den eine Orgelpfeife gebe, und modificire sich auf dieselbe Weise. *Hermbstädt* führt (Crells chem. Annal., J. 1793, B. I, p. 356) an, der Graf von *Mussin Puschkin* habe in Berlin auf den Versuch

aufmerksam gemacht, den Herr *de Luc* in seinen *Idees sur la Meteorologie* beschrieben habe, um mittelst einer schwachen Flamme von brennbarer Luft, und eines darüber gehaltenen gläsernen Cylinders einen Ton hervor zu bringen, der dem der Harmonika sehr ähnlich sei. Der Herr Graf habe diesen Versuch bei ihm zuerst angestellt, und folgendes sei die dazu erforderliche Behandlungsart: In einer kleinen gläsernen Flasche macht man eine Mischung aus Zink und verdünnter Salzsäure, um daraus die entzündliche Luft zu entwickeln. Ihre Oeffnung verstopft man mit einem Korkstöpsel, durch den eine 6 bis 8 Zoll lange, an beiden Enden offene, gläserne Röhre gesteckt ist, die kaum eine halbe Pariser Linie haben darf. Ganz enge Barometerröhren sind hiezu am besten. Wenn sich aus der obern Oeffnung dieser Röhre so viel Luft entwickelt hat, daſs man keine atmosphärische Luft mehr in dem innern Raume der Flasche, folglich auch keine Explosion bei der nachmaligen Entzündung, zu befürchten hat, so wird nun die aus der Röhre sich entwickelnde Luft mittelst eines brennenden Papiers angezündet. Ueber die Flamme, welche um so tauglicher ist, je dünner und zärter sie brennt, hängt man nun einen zwei Zoll weiten, und 16 — 18 Zoll hohen gläsernen Cylinder, so, daſs die Flamme kaum 1 Zoll hoch in seine Oeffnung reicht, indem man den Cylinder selbst mit der einen Hand senkrecht über die Flamme hält. Der der Harmonika ähnliche Klang erzeugt sich nun sehr bald, man empfindet eine starke Vibration des Cylinders, die sich dem ganzen Körper mittheilt, und der Ton ist so durchdringend, daſs er durch drei Zimmer hindurch gehört werden kann. Nachdem die Cylinder mehr oder weniger weit und dünn von Glase sind, bekommt man verschiedene Abweichungen im Ton. Dem Herrn *Hermbstädt* glückte es in einem und eben demselben Cylinder verschiedene Modificationen des Tons zu verursachen, wenn er zwei oder drei Fingerspitzen in dessen Oeffnung hielt, und diese nun bald auf, bald niederwärts bewegte, so, daſs zuweilen die schönsten Flötentöne mit ziemlich gutem Akkord hervorgebracht wurden. 1)

Der Herr Graf *Mussin Puschkin* theilte selbst Herrn *Göttling* folgende Nachricht über diesen Versuch mit (Göttling's Taschenbuch, Jahr 1795, p. 17): „In einer kleinen Glasflasche entbinde man durch die gewöhnlichen Mittel, aber nicht zu schnell, brennbare Luft, verstopfe sie mit einem Stöpsel, durch den eine Glasröhre geht, die wenigstens drittehalb Mal die Länge der

1) Herr Hermbstädt glaubte sich das ganze Phänomen aus dem durch die Verbrennung bewirkten Vacuo in dem Cylinder, wodurch die hinzustoſsende äuſsere und kältere Luft des Dunstkreises an die innern Wände des Glases anschlage, und dieses erschüttere, und wodurch nun eine Vibration in der äuſsern Luftmasse entstehe, die sich bis auf unſer Ohr fortpflanze, erklären zu müssen.

Flasche haben mufs. Man zünde die Luft an dem offenen Ende der Röhre mit Vorsicht an, damit keine Explosion geschehe. Wenn die Luft ruhig fortbrennt, so fährt man mit einer hohen Glocke langsam über der Röhre auf und nieder. Es wird sich in der Glocke eine Zone finden, wo sie zu harmonisiren anfängt, und den Ton der Glasharmonika völlig nachahmt; wobei zu bemerken ist, dafs diese Zone gemeiniglich sich nicht über das Drittel der Glockenlänge erstrecket. Es scheint der harmonische Laut nicht von der Vibration des Glases zu kommen, weil es vollkommen umwickelt werden kann, und es ist wahrscheinlich nichts anders, als eine langsame auf einander folgende Explosion; doch verdient diese Erscheinung noch genauer untersucht zu werden. Es ist noch dabei anzumerken, dafs, wenn das Experiment gelingen soll, sehr viel auf die Form und Proportion der Glocke ankommt; diese kann eher zu enge als zu weit sein. Als ich das erste Mal den Versuch bei Herrn *Hermbstädt* machen wollte, so wollten sich verschiedene Glocken nicht dazu schicken, bis endlich ein ziemlich grofses Glas, in welchem das ungarische Wasser verkauft wird, die Stelle einer Glocke vertrat, und der Versuch gelang." Her *Götling* setzt hier hinzu, mit Zink und schwacher Salzsäure gelinge der Versuch sehr leicht; als er Eisen und Vitriolsäure zu der Entbindung der brennbaren Luft gebraucht habe, habe das Experiment nicht gelingen wollen; es könne dieses vielleicht daher rühren, dafs hier die Luft zu heftig entwickelt werde; er habe auch gefunden, dafs auf die Stärke der Glasröhre sehr viel ankomme, wenigstens habe er unter einer Menge von Glasröhren nur eine gefunden, die dazu tauglich gewesen sei. *Scherer* giebt (Gren's Journal der Physik, B. VIII, Heft 3, p. 374) folgende Erörterungen über den Versuch: „Zur Entwickelung der brennbaren Luft habe er mäfsig starke Salzsäure und Zink angewendet, aber gefunden, dafs das Gefäfs, aus dem man die Luft entwickele, nicht zu klein, und vorzüglich nicht zu niedrig sein dürfe, weil sonst die stark aufwallende Mischung sehr leicht etwas von der Flüssigkeit in die Glasröhre hinauf treibe, aus der man sie entweichen lasse, und dadurch die Flamme auslösche. Die Entwickelungsflasche schliesse er mit einem sehr genau schliessenden Kork, durch den er vorher eine 4 bis 6 Zoll lange gewöhnliche Barometerröhre, die an beiden Enden offen ist, gesteckt habe. Die Entwickelungsflasche, deren er sich hiezu bediene, habe ohngefähr einen Zoll im Durchmesser, und sei gegen 8 Zoll lang, die Barometerröhre reiche mit dem einen Ende durch den Kork nur einen halben Zoll in dasselbe, damit sie nicht von der Flüssigkeit erreicht werden könne, die beim Aufwallen hinauf getrieben werde. Die gröfste Vorsicht habe man nun anzuwenden, dafs man die entweichende brennbare Luft nicht zu früh anzünde, weil sie anfangs noch mit der im Gefäfse befindlichen atmosphärischen Luft vermischt herauskomme. Es sei ihm wiederfahren,

dafs die Barometerröhre, da er ihr zu zeitig das Licht näherte, mit dem heftigsten Knalle nebst dem Kork bis zur Decke des Zimmers hinauf getrieben sei. Treffe man den Zeitpunkt wenn die brennbare Luft allein entweiche, so komme sie anfangs mit einer lebhaftern Flamme und nach und nach mit einer schwächern, beim Tageslichte kaum bemerkbaren. Jetzt dürfe man erst über diese Flamme einen Glascylinder halten, wo man dann sehr bald einen Ton wahrnehme, der oft so laut und durchdringend sei, dafs man fast ganz betäubt davon werde. Sein Cylinder hatte 2 Zoll im Durchmesser, war 12 bis 14 Zoll lang, und an einem Ende verschlossen, je nachdem man ihn höher hielt oder niedriger senkte, je nachdem fiel auch der Ton selbst verschieden aus. *Scherer* fand auch die Bemerkung *Hermbstädt's* gegründet, dafs der Ton modificirt werde, wenn man in die Oeffnung des Cylinders zwei oder drei Fingerspitzen halte. Wenn er den Cylinder schon bei der gröfsern Flamme über das Entwickelungsgefäfs hielt, so wurde die innere Wand sehr bald mit Wasserdünsten belegt, und nun bemerkte man den Ton nicht, wenn auch die Flamme wieder ruhig brannte; der Cylinder mufs nothwendig trocken sein. Unter Beobachtung dieser Umstände ist ihm der Versuch mehrere Male gelungen. 1) Einen Nachtrag zu diesen Bemerkungen giebt Herr *Scherer* später in *Grens* neuem Journale der Physik (B. II, p 506) folgendermafsen: „Der wesentlichste Umstand, von dem das Gelingen und Mifslingen allein abzuhängen scheint, ist meiner Meinung nach die Einrichtung der Entwickelungsgeräthschaft. Viel, ja fast alles, scheint mir hiebei auf die Beschaffenheit der Röhre anzukommen, durch welche das Gas geleitet, und an deren Mündung es im Brennen erhalten wird. Das Entwickelungsgefäfs mufs durchaus lang sein, und nicht mehr als einen Zoll im Durchmesser betragen, damit der während der schleunigen Entbindung des Gas aufsteigende Dunst die hinabreichende Röhre berührt. Thermometerröhren von enger Mündung sind daher ganz unbrauchbar und zweckwidrig. Durch die grofse Hitze, die während der Gasentwickelung in Freiheit gesetzt wird, wird ein grofser Theil der verdünnten Säure verdampft; steigt dieser in die Röhre, so verschliefst er nach den Gesetzen, die beim Aufsteigen der tropfbaren Flüssigkeiten in Haarröhren Statt finden, die Mündung; das Gas dringt zwar durch, und treibt die an der Oeffnung angesammelte Flüssigkeit hinaus, aber die Röhre, deren innere Wände ein

1) Herr *Scherer* wirft die Frage auf, ob auch nicht hier eine Knallluft entstehe, die nach der Entzündung in einen kleinern Raum sich zusammenziehe, dadurch der äussern Luft Gelegenheit gebe, mit Gewalt hinein zu dringen, und so die Wände des Cylinders zu erschüttern, was man wirklich sehr auffallend bemerke.

ein Mal benetzt, nimmt eben so begierig aufs Neue die Wasserdämpfe wieder auf. Hiedurch wird das Brennen des Gas nicht allein, wie sein Herausströmen unterbrochen, sondern endlich ganz gehindert. Einem meiner chemischen Freunde, Herrn *Iuch*, welcher viele Versuche dieser Art in Gesellschaft des Herrn Professor *Trommsdorff* angestellt hatte, verdanke ich die Verbesserung dieses Theils meines chemischen Apparats, bei der mir jetzt der Versuch nie mifslungen ist. Ich bediene mich nemlich jetzt, nach seinem Vorschlage, dazu einer Röhre mit einer weiten Mündung, die an dem äussersten Ende zugeschmolzen, und an der Seite mit einer kleinen Oeffnung versehen ist. Der gröfste Vortheil, der durch diese Einrichtung erreicht wird, ist vorzüglich der, dafs, im Fall der Wasserdampf in die Röhre dringt, was beinahe unvermeidlich ist, er wieder Gelegenheit hat, an den innern Wänden herabzufliessen, nachdem er sich an den kältern Stellen derselben zur Flüssigkeit verdichtet, wodurch also das Brennen des Gas nicht aufgehalten werden kann, weil es nun im Hervordringen durch nichts gehindert wird. Auch schadet es nicht, wie mich Versuche belehrt, wenn die Oeffnung oben auf der Röhre befindlich, und nur die Röhre selbst nicht gar zu enge ist. Wesentlich nothwendig zum bessern Gelingen ist ferner, die so viel als möglich schnelle Entwickelung des Wasserstoffgas. Dieser Umstand scheint vorzüglich die Verbindung des Zinks mit der verdünnten Salzsäure zu begleiten, dennoch aber habe ich gefunden" (also gegen Herrn *Göttling*), „dafs auch Eisen und verdünnte Schwefelsäure, unter Umständen hiezu eben so schicklich sind, wenn nemlich sogenanntes Vitriolöl mit Wasser verdünnt wird, und man sogleich Eisenspäne hinzusetzt. In Rücksicht der Gefässe, in welche man die Flamme des Wasserstoff leitet, um den Harmonika ähnlichen Ton hervorzubringen, habe ich mich durch eine grofse Anzahl von Versuchen mit Gefäfsen von den mannigfaltigsten Formen überzeugt, dafs hiezu nicht blos Cylinder, sondern fast alle Geräthschaften sich benutzen lassen, deren Mündung nur nicht gar zu weit ist. Es erzeugte sich dieser Ton, wenn ich über die auf der Röhre schwebende Flamme grofse Herrenkolben, Kolben von mittlerer und allerlei andern Gröfsen, bis auf die kleinsten herunter, die nur eine Unze Wasser enthalten können, Bouteillen, gläserne Kugeln, viereckichte Gläser und Flaschen, Medicingläser von der gröfsten bis zur kleinsten Sorte, ja selbst die bauchichten Standgläser, sehr enge Cylinder und gewöhnlich weite Glasröhren, Retorten u. dgl. mehr senkte. Vorzüglich fein und schneidend fiel dieser Ton aus, wenn ich mich hiezu sehr grofser Kolben und viereckichter Flaschen mit engen Mündungen bediente. Eben so wenig blieb der Ton aus, wenn ich über die Flamme Tubulatretorten mit der Tubulatöffnung stürzte, ohne den Hals zu verschliessen, oder wenn ich weite an beiden Enden offene Glasröhren über dieselbe in ver-

schiedenen Richtungen hielt. Dafs die Wasserdünste, die während des Versuchs vermittelst der Decomposition der atmosphärischen Luft sich an den Wänden der Gefäfse niederschlagen, das Tönen zu verhindern im Stande wären, wie ich vor einiger Zeit glaubte bemerkt zu haben, habe ich durch diese neuern Versuche nicht bestätigt gefunden; vielmehr blieb der Ton nicht aus, wenn ich die Cylinder und Gefäfse mit Wasser ausschwenkte, so dafs die innern Wände davon noch durchaus benetzt blieben. Die Versuche mifslangen nicht, wenn ich Röhren und Gefäfse vom stärksten Glase nahm, nur durften ihre Mündungen nicht zu weit sein. Ich habe die Röhre und andere gläserne Gefäfse mit vieler Leinwand umwickelt, und denselben Ton als vorher wahrgenommen. Herr Dr. *Chladni* machte mich darauf aufmerksam, dafs der Ton, den man durch die Flamme hervorbringt, demjenigen gleich komme, welcher entsteht, wenn man in das Glas hinein bläst. Dies fand ich sehr auffallend bestätigt. 1)

„Herr Professor *Trommsdorff* bemerkte zuerst (Reichsanzeiger für das Jahr 1795, Nr. 9. od. B. I, p. 80 u. f.), dafs in dem Moment, da der Ton entsteht, sich die Flamme zuspitze. Ich kann noch hinzusetzen, dafs dieselbe einen sehr auffallenden Strahl bildet, der wahrscheinlich nur von dem schnellen Ausdringen des Wasserstoffgas herrührt, da bei der ruhigern Entwickelung des Gas dieses sowohl, als der Ton aufhört. Vorzüglich verlängert sich dieser Strahl, wenn dem Herausdringen des Gas dadurch einigermafsen Widerstand geleistet wird, dafs dir Oeffnung an der Röhre seitwärts angebracht wird. Noch bemerke ich, dafs man der Gefahr, welcher man bei diesen Versuchen leicht

1) Hiedurch wurde Herr *Scherer* veranlafst anzunehmen, der Ton entstehe auf eine ähnliche Art, als der Schall der Blasinstrumente, welcher durch den Stofs der Luft gegen ruhende Körper veranlafst wird. Es bewirkt nemlich nach ihm das mit Heftigkeit herausdringende Gas bei der Entzündung eine schnelle Zersetzung der atmosphärischen Luft, und also ein Vacuum, die in dem Glase enthaltene Luft wird zwar anfangs durch den entwickelten Wärmestoff der Flamme ausgedehnt, aber es wird sogleich wieder ein Vacuum erzeugt, worauf nun die äufsere Luft mit Gewalt stöfst, so wie dieses bei der Entstehung der Explosion der Knallluft statt findet. Natürlich mufs nun die atmosphärische Luft auch eine desto gröfsere Gewalt ausüben, je weniger ihr der Zugang verstattet wird, d. h. je enger die Mündung ist, desto eigenthümlicher wird auch der Ton der zudringenden Luft ausfallen. Dafs der Ton nicht hervorgebracht wird, wenn man, wie vorhin das Wasserstoffgas, andere entzündliche Substanzen unter Bedeckung solcher Glasgeräthe verbrennen läfst, rührt nach Herrn *Scherer* theils daher, dafs man letztere Versuche nicht anstellen kann, ohne sich dabei Gefäfse mit weiter Mündung zu bedienen, theils, wie Herr Professor *Trommsdorff* ganz trefflich bemerkt, daher, weil die meisten der entzündlichen Substanzen auch kohlensaures Gas entbinden, welches nach andern Erfahrungen der Fortpflanzung des Schalles hinderlich ist. (Vergl. B. II, p. 58)

ausgesetzt ist, wenn man das aus der Röhre entweichende Gas schon anzündet, da es noch mit atmosphärischer Luft vermischt ist, leicht entgehen kann, wenn man vorher mit dem Munde die Luft aussaugt, ehe man sie anzündet; ausserdem aber nach des Herrn *Trommsdorffs* Rathe diese Röhre mit feuchtem Papier umwickelt, und sich eines irdenen Entwickelungsgefäfses bedient. Vielleicht wäre eine metallene Röhre noch sicherer." *Trommsdorff* las über diesen Gegenstand am 3. Dec. 1794 der Akademie nützlicher Wissenschaften zu Erfurt eine Abhandlung vor, worin er ausser dem, was *Scherer* schon von ihm angezogen hat, noch anführt, dafs eine lange Glocke, oben mit einer Oeffnung verschiedene Töne gab, je nachdem die Oeffnung zugehalten, oder offen gelassen wurde, dafs bei heissen Glocken der Versuch nicht gelang, dafs der Ton stärker wurde, wenn die Flamme in der Glocke höher, und schwächer, wenn sie darin tiefer steht. 1) (Erfurter gelehrte Zeitung 1794, St. 58, p. 457; Vergl. Gehler's phys Wörterb. B. V, p. 522; Rosenthal's Magie, B. XVIII, p. 91 f.; Halle's fortgesetzte Magie, B. VIII, p. 134.) *Chladni* hat mit seiner gewohnten fruchtbaren Genauigkeit auch dieses Experiment geprüft, und giebt uns die Resultate seiner Untersuchungen im ersten Bande der neuen Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin (p. 125 f.), welche wir im Folgenden mit seinen eigenen Worten anführen wollen. „Das dabei nöthige Verfahren, welches den meisten wohl schon bekannt sein wird, ist folgendes: Man löset in einer Flasche, die, zu Vermeidung des Zerspringens bei etwa erfolgender Explosion, ziemlich stark sein mufs, Eisen in Vitriolsäure oder Zink in Kochsalzsäure auf, verstopft die Flasche mit einem Stöpsel, durch den man eine dünne gläserne Röhre (ohngefähr wie sie zu Thermometern brauchbar sein würde) gesteckt hat, zündet die durch dieselbe hindurch gehende brennbare Luft an, wobei man aber vorher warten mufs, bis die atmosphärische Luft ausgetrieben ist, auch sich sonst für Beimischung derselben hüten mufs, weil sonst eine Explosion entsteht, die den Stöpsel heraus wirft, und das Röhrchen zerschlägt. Wenn die entzündbare Luft gehörig brennt, so dafs die Flamme ohngefähr wie eine Erbse grofs ist, hält man eine gläserne oder andere Röhre, die etliche Zoll bis ein paar Fufs lang, und einen halben bis etliche Zoll weit sein kann, darüber, so, dafs das Röhrchen mit der Flamme ohngefähr bis an

1) Er erklärt das Phänomen gleichfalls aus dem während dem Verbrennen hervorgebrachten Vacuum, welches durch die äussere Luft immer wieder ersetzt wird. Er meint, da die innere Luft die Seiten des Glases erwärme, diese folglich gespannt seien, die äufsere Luft aber kälter sei, so stofse letztere an die Seiten an, kühle sie ab, und vermindere ihre Spannung, wodurch dann im ganzen Glase eine Vibration hervorgebracht werde, die sich in der Luftmasse fortpflanze, und wodurch das Ohr erschüttert oder der Ton hervorgebracht werde.

den vierten oder dritten Theil in dieselbe hinein reicht, so wird man mehrentheils bald darauf einen anhaltenden und bisweilen sehr starken Klang hören. Dafs die Röhre nicht als der klingende Körper anzusehen ist, erhellet daraus, weil man dieselbe an jeder beliebigen Stelle festhalten, oder auch sie ganz in ein Tuch einwickeln kann, ohne dafs der Klang dadurch im mindesten gehindert wird, (da man jeden klingelnden Körper nur an den ruhig bleibenden Stellen, die man Schwingungsknoten nennt, ohne Hinderung des Klanges berühren kann), weil auch weder die Dicke der Seitenwände, noch die Beschaffenheit der Materie etwas zu Bestimmung des Tones beiträgt, auch die Töne in Rücksicht auf die Länge der Röhren in ganz andern Verhältnissen stehen, als wenn die Röhre selbst der klingende Körper wäre. Die Töne sind vielmehr wahre Pfeifentöne, und richten sich ganz nach den nemlichen Naturgesetzen. In einer Pfeife, wohin auch alle Blasinstrumente zu rechnen sind, ist die darin enthaltene Luftsäule als der klingelnde Körper anzusehen; diese macht keine Lateralschwingungen, sondern zieht sich nach der Richtung ihrer Länge zusammen, und dehnt sich aus, oder theilt sich in Theile ein, die sich abwechselnd ausdehnen und zusammen ziehen, ohngefähr eben so, wie ich dieses bei einer Saite an den von mir zuerst bekannt gemachten Längentönen in meinen Entdeckungen über die Theorie des Klanges p. 76, und nachher weit ausführlicher im August der Berliner musikalischen Monatsschrift 1792 gezeigt habe. Eine an beiden Enden offene Pfeife giebt, wenn sie im Verhältnifs gegen ihre Weite eine beträchtliche Länge hat, und hinlänglich stark angeblasen wird, eine Folge von Tönen, die sich wie die natürliche Reihe von Zahlen 1, 2, 3 u. s. w. verhalten; bei einer an dem einen Ende gedreheten Pfeife kommt die Tonfolge mit den ungraden Zahlen, 1, 3, 5, 7 u. s. w. überein, und der Grundton ist eine Octave tiefer, als bei einer eben so langen offenen Pfeife. Die gleichartigen Töne mehrerer Pfeifen verhalten sich umgekehrt, wie die Längen derselben, die Weite hat keinen, oder nur sehr wenigen Einflufs auf die Höhe und Tiefe der Töne. 1) Alles dieses findet auch bei den Tönen Statt, die man durch Brennen der entzündbaren Luft in einer Röhre erhält. Es geschieht nemlich durch den vermittelst der Flamme bewirkten Luftzug eben das, als wenn man auf einen Schlüssel pfeift, oder wenn man eine Pfeife auf irgend eine andere Art anbläst. Der durch Brennen zu erhaltende Ton ist auch jedes Mal ganz der nemliche, als wenn man in die Röhre mit dem Munde hinein bläst, nur ist er weit anhaltender und stärker. Es sind metallene Röhren hiezu eben sowohl brauchbar, als gläserne Röhren, die an beiden Enden offen sind, geben eben sowohl einen Klang, als

1) Die Theorie des Schalles wird, wie dieses ohnehin jeder, der unsern Plan vor Augen hat, erwarten mufs, bei Körper (im Allgemeinen) und Luft, ausführlich gegeben werden.

solche, die an dem einen Ende gedeckt sind, nur ist der Ton einer gedeckten Pfeife bei gleicher Länge eine Octave tiefer. An Röhren von ungleicher Länge verhalten sich die Töne umgekehrt, wie die Längen, auf die Weite kommt wenig oder nichts an. Dafs in einer Röhre ausser dem Grundtone auch die übrigen höhern Töne sich auf diese Art hervorbringen lassen, sah ich bei einem Versuche, wo eine an dem einen Ende zugelötete messingene Röhre, die bei einer geringen Weite lang genug dazu war, ausser dem Grundton auch den folgenden gab, der eine Oktave und eine Quinte höher war, und also gegen den Grundton in dem richtigen Verhältnisse, wie 1 : 3 stand. Das Zittern der Luft nach der Richtung der Länge der Röhre fühlt man sehr stark, wenn man einen Finger unter die Röhre hält. Durch ein solches Anhalten des Fingers, so wie durch eine jede Verengerung des obern oder untern Endes der Röhre wird der Ton etwas tiefer. Wenn die Röhre inwendig zu feucht geworden ist, so läfst sich der Klang nicht so leicht hervorbringen. 1)

Erfahrungen über das, was nach der Verbrennung gefunden wird. — a) Es ist Wasser hervorgebracht. — Diese Thatsache scheint Herr *Macquer* zuerst beobachtet zu haben, als er im Jahre 1776 mit Beihülfe des Herrn *Sigaud de la Fond* Wasserstoffgas verbrannte. Er erzählt dieses Resultat mit folgenden Worten. „Ich habe mich dadurch, dafs ich eine weifse porzellanene Schaale an die Flamme des entzündlichen Gas, welche an der Mündung der Flasche ruhig brennt, gehalten habe, überzeugt, dafs die Flamme von keinem rufsichten Rauche begleitet wird. Denn der Ort der Schaale, den die Flamme traf, blieb vollkommen weifs. Er fand sich blos mit ziemlich merklichen Tröpfchen einer nach Art des Wassers weifsen Feuchtigkeit, welche wirklich nichts anders als Wasser zu sein schienen, benetzt." (*Macquers* chem. Wörterb. v. Leonhardi, Th. II, Leipzig 1781, Art. Gas, entzündbares, p. 468; zweite Ausgabe, a. a. O. p. 810; *Mémoir. de Mathem. et de Phys. de l'Acad. Paris. an.* 1781 *p.* 469; *Encyclop. méthod. Chim.* T. I, Part. II, p. 728, und T. III. p. 444; *de la Metherie* über reine Luft, Th. II, Leipzig, 1791, p. 507; Th. I. p. 150; *Gehlers* phys. Wörterb. Th. V. p. 982; *Fischers* phys. Wörterb. Th. V. p. 520) *Warltire* meldet dem *Dr. Priestley* in einem Briefe vom 18. März 1781. Folgendes von seinen hieher gehörigen Ver-

1) In der praktischen Musik läfst sich nach Herrn Chladnis Meinung von diesen Tönen kein Gebrauch machen. Die Faden von einer Feuer-Harmonica, die einige dabei gehabt haben, ist nach ihm nicht der Natur gemäfs, weil nicht das Glas, sondern die darin enthaltene Luft klingt, und es mithin keine Harmonikatöne sondern Pfeifentöne sind. Sollte also eine Zusammensetzung mehrerer Röhren zu dieser Absicht ausführbar sein, so würde es vielmehr eine Feuerorgel müssen genannt werden; eher würde aber, wenn man schlechterdings ein Spielwerk dieser Art verlangte, eine Feuerflöte verfertigt werden können, auf der durch Löcher an den Seiten, die mit den Fingern gegriffen würden, eine Mannigfaltigkeit von Tönen sich hervor bringen liefse.

suchen (Priestleys Vers. und Beob. über versch. Theile der Naturlehre, B. II, 1782, Anhang, p. 330): „Ich verschaffte mir eine kupferne Flasche oder Kugel, die 3 Pinten Wein faſste, vierzehn Unzen wog, und mit einem eingeschraubten Stöpsel versehen war, und versuchte es alsdann kleine Portionen entzündlicher Luft mit groſser Mengen gemeiner zu vereinigen, und diese Mischungen durch den elektrischen Funken zu entzünden. Der Erfolg dieser Arbeit belehrte mich, daſs die Entzündung ohne die mindeste Gefahr geschehen konnte. Ich vermehrte hierauf die Menge der entzündlichen Luft, so, daſs ich von dieser einen, und von der gemeinen Luft zwei Theile nahm. Diese Mischung machte, als ich sie abbrannte, die Flasche sehr warm, und ich bemerkte, wenn ich mich einer langen gläsernen Röhre, die an die Oeffnung eines Blasebalgs befestigt war, bediente, um die phlogistisirte Luft aus der Flasche heraus zu bringen, daſs immer zugleich mit derselben ein Rauch zum Vorschein kam. Ich brannte auch die Luft, indem ich die Flasche unter Wasser hielt, ab, und ich ward nicht gewahr, daſs etwas entwischte, als ich die Wärme an meiner Hand empfand. Wenn der Stöpsel nicht eingeschraubt war, so ging die äuſsere Luft immer in das Gefäſs, welches die phlogistisirte enthielt, mit einiger Heftigkeit hinein. Die Methode, die ich gewöhnlich bei Mischung der Luftarten in diesem oder jenem Verhältniſs anwende, besteht darin, daſs ich ein Maaſs mit entzündbarer Luft fülle, und diese in eine Röhre thue, die nur mit dem äuſsersten Ende unter Wasser steht, so daſs sie den einen Schenkel einer umgekehrten gebogenen Röhre in sich nehmen kann. Der andere Schenkel dieser Röhre ist anfangs verschlossen; er wird aber alsdann geöffnet, und die kupferne Flasche darüber gestürzt, die aber mit ihrem Stöpsel zugestopft wird, wenn man das Maaſs mit der Luft unter das Wasser taucht, um die Luft durch die gebogene Röhre heraus zu treiben. Ich habe manches Mal, um die entzündbare Luft in die Flasche bringen zu können, die gemeine herausgepumpt; ich habe aber eben nicht bemerkt, daſs dieser Umstand in der Hauptsache eine Verschiedenheit bewirkt hätte. Was das Abwiegen anbetrifft, mit dem ich mich zunächst beschäftigte, so bemühe ich mich, die Einrichtung zu treffen, daſs ich, wenn die Wage mit der Flasche und dem Gegengewicht beladen war, selbst einen Ausschlag, der weniger als einen Gran betrug, bemerken konnte. Ich unternahm daher nach gehöriger Vorrichtung die Versuche selbst, und immer wog ich die Flasche mit der gemeinen Luft sehr genau, um die Verschiedenheit der Schwere, wenn die entzündbare Luft hineingebracht worden war, bemerken zu können. Ich lieſs hierauf den elektrischen Funken in diese gemischte Luft schlagen, und dann die Flasche, die hiedurch heiſs geworden war, wieder in dem Zimmer erkalten; dann legte ich sie wieder in die Wage (denn ich untersuchte die Schwere der Flasche sowohl beim

Anfange als beim Ende eines jeden Versuchs) und allezeit bemerkte ich eine Verminderung des Gewichts; der Verlust war zwar nicht immer gleich grofs doch betrug er gemeiniglich zwei Grane. In der Folge habe ich auch in gläsernen Gefäfsen entzündliche Luft abgebrannt, und ich habe, so wie sie bemerkt, dafs wenn schon das Gas vorher rein und trocken gewesen war, es dennoch nach dem Abbrennen der Luft feucht ward, und eine russige Materie enthielt.“ (Vergl. *Cavendish's Experiments on air, Lond. by I. Nichols.* 1784, 4 mai. p. 37; Crells chem. Annalen 1785, B. I. p. 328 f.; Lichtenbergs Magaz. f. das Neueste aus der Physik. u. s. w. B. III. St. 3. p. 44) 1). Aus diesem Briefe scheint sich dem Erzählten nach zu ergeben, dafs *Priestley* schon vor *Warltire* das hervor gebrachte Wasser wahrgenommen habe. *Priestley* fügt als Anmerkung diesem Briefe das Nachstehende bei: „Herr Dr. *Withering* war, so wohl als ich selbst, gegenwärtig, als die Mischung aus gemeiner entzündlicher Luft in einem verschlossenen kupfernen Gefäfse zu wiederholten Malen abgebrannt wurde, und wir beobachteten Beide, dafs das Gefäfs nach der Explosion zuverläfsig weniger wog, als vor derselben; ein Erfolg, der, so unerwartet er auch scheinen mag, dennoch um so weniger bezweifelt werden kann, je mehr Vorsicht wir bei diesen Beobachtungen anwendeten. Ich selbst unternahm den Versuch in einer gläsernen Flasche in Gegenwart einiger Naturforscher.“ 2) (Vergl. *Philosoph. Transact. Vol. LXXIV. de Luc's* neue Ideen über Meteorologie Th. II. Berl. 1788, p. 154; *Encyclop. method. Chim. I. p.* 728; *III.* 444; *de la Metherie* a. a. O. Th. II. p. 507; *Kirwan's* phys. chem. Schriften, B. III. aus dem Englischen durch Crell p. 6; *Lichtenbergs* Magaz. für das Neuest. aus der Physik, B. III. St. 3. p. 44; *Gehler* a. a. O. p. 982. *Fischer* a. a. O. p. 521) *de la Metherie* bemerkt (a. d. a. O.), in den Versuchen, die er im *Journal de Phys.* 1781. über die aus Eisenfeile durch blofses Feuer gezogene brennbare Luft erzählt habe, habe er diese Luft gegen ein Spiegelglas verbrannt, und viel Wasser erhalten 3). Durch *Warltire's* Resultate wurde *Cavendish* noch im Jahre 1781 veranlafst, dessen Versuche zu wiederholen. Die Gewichtsverminderung betrug bei ihm nicht mehr als ein Fünftheil Gran. Den feuchten Ansatz bemerkte er immer, aber nichts Rufsichtes. Er erzählt, er habe als sicheres Resultat

1) *Warltire* glaubte hiedurch erwiesen, dafs die gemeine Luft das in ihr aufgelöfste Wasser durch Phlogistication absetze.

2) *Die vermeinte Beobachtung, dafs bei dem Verbrennen das absolute Gewicht abnehme wurde durch alle spätere Versuche widerlegt.*

3) Er schliefst, dafs das Wasser in der brennbaren Luft befindlich, und durchs Verbrennen abgeschieden worden sei.

seiner Versuche gefunden, daſs wenn 423 Theile entzündbarer Luft mit 1000 Theilen gemeiner (dem Volumen nach) verbrannt würden, die entzündbare Luft fast gänzlich, und die gemeine um ein Fünftheil ihre Elasticität verlieren, und sich zu einer Feuchtigkeit verdichten, die sich inwendig am Gefäſse wie ein Thau ansetze. Um die Feuchtigkeit so genau als möglich zu prüfen, verpuffte Herr *Cavendish* 500,000 Gran (Maaſs) entzündbare Luft mit etwa 2 ½ Mal so viel gemeiner; und lieſs die verpuffte Luft, damit sie ihre Feuchtigkeit absetzen könnte, durch eine 8 Fuſs lange, und ¾ Zoll weite Glasröhre gehen. Die beiden Luftarten lieſs er in diese Röhren langsam mittelst zweier besonderer kupferner Röhren ein, die sich in ein paar groſse blecherne Behältnisse zogen, von welchen jedes wieder in einem besondern gröſsern befindlich war. Die innern Behältnisse hatten Verbindung mit den kupfernen Röhren, und die Luft wurde mittelst Einlassung von Wasser in die äuſseren Behältnisse daraus vertrieben. Damit aber auch die verjagte gemeine Luft 2 ½ Mal so viel als die brennbare Luft betragen möchte, lieſs Herr *Cavendish* das Wasser in die äuſseren Behältnisse durch zwei Löcher laufen, die er in den Boden eines andern blechernen Gefäſses gebohrt hatte, und wovon das für die gemeine Luft bestimmte Loch 2 ½ Mal so groſs war, als das andere. Beim Versuche selbst zog nun Herr *Cavendish* die Glasröhre erst zurück, bis die beiden innern Behältnisse mit ihren bestimmten Luftarten gefüllt waren, und lieſs durch die erwähnten Löcher so lange Wasser in die äuſsern Gefäſse laufen, bis die Luftarten aus den Mündungen der kupfernen Röhren heraus gingen; an diese hielt er alsdann ein Wachslicht, und brachte die Glasröhre an ihren gehörigem Ort. Bei dieser Verfahrungsart fand er an 135 Gran Wasser in der Glasröhre verdichtet, das weder Geruch noch Geschmack hatte, beim Abdampfen nicht den geringsten Bodensatz machte, und auch während desselben keinen beiſsenden Geruch gab, das mit einem Worte das reinste Wasser zu sein schien. Ein Gemisch mit gemeiner Luft und einer Reinigkeit von $^4/_{10}$ gab, wie er sich ausdrückt, völlig reine Feuchtigkeit. (*Cavendish's Experiments on air Lond.* 1784; Crells chem. Annal. 1785, B. I. p. 328 f.; Lichtenbergs Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. III. St. 3. p. 45 f.; Kirwan's phys. chem. Schriften, Crells Uebersetz. B. III. p. 6. f.)

Guyton Morveau machte den Versuch (*Encyclop. méthod. Chim. T. I.* p. 721) mit einem Apparate, der ganz dem *Volta'schen* weiter unten zu beschreibenden Eudiometer ähnlich war, nur daſs alle Garnituren, und selbst der elektrische Eccitator, in den es sich nach oben endigt, von Eisen, und die Röhre und das Bassin zu seinen Absichten unnöthig waren. Er füllte mit sehr trocknem Quecksilber den Glascylinder, lieſs nach und nach 10 Kubikzoll atmosphärische Luft, und 5 Kubikzoll Wasserstoffgas durch Hülfe einer Druckmaschine

schine hineintreten, brachte darauf durch das Queksilber hindurch eine Platte von geschlagenem Eisen, die zum Theil wie ein Cylinder gerollt war, und auf der er Potafse, die vorher rothglühend gemacht war, befestigt hatte hinein, liefs nun den Apparat 3 Tage hindurch stehen, dafs die Oeffnung des Eudiometsrs ganz in der Quecksilberwanne steckte. Am vierten Tage nahm er die Platte mit Hülfe eines daran befestigten Fadens heraus, und brachte mit einem sehr biegsamen Eisendrahte ein Stück graues, blos an der freien Luft getrocknetes Papier in den Apparat, und liefs es volle zwei Stunden darin, worauf es nichs merklich am Gewichte zugenommen hatte. Unmittelbar darauf wurde das Gas durch den elektrischen Funken entzündet; die Verminderung betrug 6,45 Kubikzoll; während des Erkaltens verdichtete sich auf den Wänden des Cylinders ein sehr merklicher wäfsrichter Dampf. Als jetzt ein genau gewogenes Stück von grauen Papier, wie das erste Mal, durch das Quecksilber hindurch in den Cylinder gebracht wurde, nahm es, wiewohl es nicht genau über die ganze innere Oberfläche herum geführt werden konnte, und es durch den Druck des Quecksilbers, durch den es beim Herausziehen wieder passiren mufste, nothwendig etwas von seiner angenommenen Feuchtigkeit absetzen mufste, dennoch um 3,2 Gran am Gewicht zu. Er versuchte auch das so erhaltene Wasser durch die mit Laugensalz versehene Eisenplatte heraus zu nehmen, und fand, dafs diese schneller und bei weitem genauer die Wände des Cylinders reinigte, doch zeigte diese Methode noch mehr Ungewifsheit bei der Vergleichung der Gewichte weil sich gar zu leicht ein wenig Quecksilber an die Platte hängen, oder eine geringe Reibnng etwas Salz davon losmachen könnte. Ein anders Mal kehrte er das Eudiometer um, damit er die Platte, ohne sie durch das Quecksilber gehen zu lassen, in dasselbe bringen könne, und liefs den Apparat, nachdem er ihn unmittelbar darauf durch die Hahnenschraube wieder zugeschlossen hatte 24 Stunden in dieser Lage ruhig stehen: die Gewichtszunahme war hiebei bei weitem nicht so grofs, als bei dem grauen Papiere, welches er dem Mangel des Antheils der Feuchtigkeit zuschreibt, den das Quecksilber an den untern Wänden des Cylinders zurückhielt. Bei einem dritten Versuche liefs er die umgebende Luft in das Eudiometer hinein, um alles Quecksilber, ehe das calcinirte Salz hineingebracht wurde, hinaus zu treiben, und nun nahm letzteres um 4,5 Gran in 8 Stunden zu, von denen man aber noch den Antheil Wasser, den das Salz aus der hinein getretenen atmosphärischen Luft anzog, und den *Morveau* auf 0,06 schätzt, abziehn mufs. Diese Ausgleichung würde man nicht nöthig haben, wenn das Eudiometer so eingerichtet wäre, dafs nach geschener Explosion und Verdichtung des Dampfes dasselbe einen Augenblick oben geöffnet werden könnte, um die Platte mit Laugensalz hinein zu bringen, während der untere Hahn verschlossen wäre. *Cavallo* führt (Abhandl. üb. d.

Natur und Eigensch. d. Luft u. s. w. 1783 teutsch, p. 605) an, wenn das entzündbare Gas im Halse der Flasche brenne, so sondere sich ein wäſsriger Dampf oder Rauch davon ab 1). *Gren* sagt (Grundriſs der Naturlehre, Halle 1793, p. 614.) während dem Abbrennen des brennbaren Gas mit respirabler Luft setze sich ein feuchter Beschlag an die Wand des Gefäſses ab. *Mayer* erzählt (Anfangsgründe der Naturlehre, Göttingen 1805, p. 855), lasse man das Wasserstoffgas aus einem Gefäſse, (welches besonders hiezu vorgerichtet, und mit einem Hahne und einer sehr eng zu laufenden Röhre versehen sei) vermittelst Regierung des Hahns langsam aus einer kleinen Oeffnung hervor strömen, zünde es hierauf an, und bringe über die Flamme desselben einen mit atmosphärischer Luft gefüllten; unten mit Wasser oder Quecksilber gesperrten Glascylinder, so werde man in demselben sehr bald Wasserdämpfe wahrnehmen, die sich an die innere Wand desselben anhängen, und das Queksilber werde in dem Cylinder in die Höhe steigen. Wenn man den Versuch genau anstelle, so wiege das erhaltene Wasser so viel, als die Quantität des verbrannten Wasserstoffgas, und des aufgezehrten Theils der atmosphärischen Luft 2). *Thomson* erwähnt (System der Chemie, Band I, teutsch Berl. 1805 p. 70.) wenn 2 Theile Wasserstoffgas mit 6 Theilen atmosphärischer Luft entzündet worden, so verschwinde alles Wasserstoffgas, so wie der in der atmosphärischen Luft enthaltene Antheil Sauerstoffgas, und es sei eine Menge Wasser gebildet worden, deren Gewicht dem Gewichte dieser beiden Gasarten gleich sei. Auch *Hildebrandt* sagt, (*Encyklopäd. der gesammten Chemie B. I. p.* 157) durch die Verbrennung des Wasserstoffgas werde Wasser erzeugt 3).

b) Untersuchungen ob eine Säure bei der Verbrennung des Wasserstoffgas hervorgebracht werde. — Als *Scheele* in einen Kolben, in welchem er durch Eisen und verdünntes Vitriolöl oder durch dieselbe Säure und Zink erhaltene brennbare Luft verbrannte, einige Unzen Kalkwasser, um zu prüfen, ob fixe Luft hervor kommen werde, geschüttelt hatte, fand er von der letzten keine Spur. (*Scheele's* phys. und chem. Werke, B. I, p. 66. der Hermbstädtischen Ausgabe; *Mémoir. de Mathém. et de Physiq. de*

1) Er schreibt das Phänomen der Absonderung des Wassers aus der entzündbaren Luft zu.

2) *Mayer* nimmt die Hypothese an, daſs das Wasser hiebei aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zusammen gesetzt werde.

3) *Wer eine vollständige Geschichte des Phänomens: daſs bei dem Verbrennen des Wasserstoffgas Wasser zum Vorschein kömmt, sowohl, als der Hypothesen darüber zu haben wünscht, der muſs das hier Erzählte mit dem Artikel im ersten Bande, Wasserstoffgas und Sauerstoffgas p.* 130 *bis* 174 *zusammenhalten; womit man auch noch die Erfahrungen unter der Abtheilung Wasser und Elektricität in demselben Bande p.* 416 — 427 *so wie Wasser und Galvanismus, vergleichen kann.*

l' Acad. Paris. an 1781, *p.* 398). Im September 1777 füllten *Lavoisier* und *Bucquet* eine Bouterile von 5 bis 6 Pinten mit entzündlicher, durch die Auflösung des Eisens in Vitriolsäure erhaltener Luft, kehrten sie dann um, so dafs ihre Oeffnung nach oben zu stehen kam, und während der eine von ihnen das Gas durch eine an die Oeffnung der Flasche gehaltene Flamme anzündete, gofs der andere in dieselbe sehr schnell durch die Flamme hindurch zwei Unzen Kalkwasser; anfangs brannte die Luft an der Mündung des Halses, der sehr weit war, ruhig fort, dann senkte sie sich in das Innere der Flasche hinunter und erhielt sich dort noch einige Augenblicke. Die ganze Zeit hindurch, da die Verbrennung vor sich ging, wurde das Kalkwasser beständig geschüttelt, und in der Bouteille herum geschwenkt, um es so viel als möglich in Berührung mit der Flamme zu bringen, aber der Kalk wurde nicht niedergeschlagen, das Kalkwasser wurde nur ganz wenig trübe (*ne fit que louchir très - légèrement*), so dafs sie deutlich sahen, dafs das Resultat der Verbrennung der entzündlichen Luft nicht fixe Luft sei. (*Mém. de Mathém. et Phys. de l' Acad. Paris. an* 1781, *p.* 470; *Encyclop. method. Chim. T. III. p.* 444.) In seinem *Mémoire sur la combinaison de l' Alun avec les matières charbonneuses*, (*Mém. de Mathém. et de Phys. de l' Academ. Paris. an* 1777 *p.* 371.; *Lavoisiers* phys. chem. Schrift. teutsch durch Weigel, B. III. 1785. p. 103), das er am fünften September der Pariser Akademie vorlas, sagte er, dafs keine unter den entzündlichen Luftarten, die man durch Auflösung der Metalle entweder in Vitriol- oder Salzsäure erhalten, bei der Verbrennung Kreidensäure gebe, sondern dafs diese Arten Säuren zu geben scheinen, die denen, aus welchen sie gezogen wurden, ähnlich seien. *Sennebier* behauptet (Analytische Unters. üb. die Natur der brennbaren Luft, teutsch durch Crell, Leipzig 1785. p. 48) nur die metallische brennbare Luft, die mit Vitriolsäure gemacht sei, bringe bei den Verbrennen keine fixe Luft hervor, bei der Verbrennung aller andern brennbaren Luftarten zeige sich dieselbe reichlich. Als *Priestley* mehrere Male durch die elektrische Explosion ein Gemisch von gemeiner und entzündlicher, aus verdünntem Vitriolöl und Eisen erhaltener Luft, unter einem in Quecksilber stehenden Recipienten anzündete, bemerkte er beständig, dafs die Verminderung augenblicklich war, und dafs das Kalkwasser, welches er sogleich hineinbrachte, nicht getrübt wurde, ja selbst dann nicht, wenn es vor der Entzündung hineingebracht war. (*Encyclop. méthod. Chim. T. I. p.* 94; *Kirwan's* phys. chem. Schrift, B. I, teutsch durch Crell, p. 114.) Nur ein Mal, als er durch Salzsäure erhaltenes entzündbares Gas verbrannte, will er fixe Luft erhalten haben. (*Encyclop. méthod. Chim. I. p.* 719.) *Kirwan* führt an (a. a. O. p. 115), dafs allein bei der Verbrennung der vermittelst der Metalle erhaltenen entzündbaren Luft die fixe Luft, die sich sonst bei allen andern Arten der auf gleiche

Weise behandelten entzündbaren Luft zeige, nicht zum Vorschein komme. Auch *Cavendish* fand bei seinen oben angeführten Versuchen in dem Rückstande nach der Verbrennung von gemeiner und entzündbarer Luft keine Luftsäure (Vergl. mit den bei den obigen Vers. angeführt. Schrift. *Kirwans* a. Schrift. B. III p. 13; *Hermbstädts* Bibliothek der neuest. phys. chem. u. s. w. Litterat. B. II. p. 38; *Encyclop. method. Chim. I. p.* 745; *Crells* Beiträge zu d. chem. Annal. B. II, St. 1, p. 318.) *de la Métherie* erhielt (*Essai analytique sur l' air pur, et les differents espèces d' air, Paris* 1785, p. 104; bei Crell a. zuletzt a. O. p. 318) beim Verbrennen der aus Eisen und Salzsäure bereiteten brennbaren Luft, die vorher mit Kalkwasser gut gewaschen war, über dem Kalkwasser fixe Luft, welche dieses trübte. Eben dieses erfolgte seiner Angabe nach, auch bei andern Arten der brennbaren Luft, aus andern Metallen und Säuren, nur nicht bei der, die mit Vitriolsäure entbunden war. Als *Gren* (bei Crell a. zuletzt a. O. p. 433.) aus Eisenfeile und Salzsäure bereitete brennbare Luft, die er mehrmals mit Kalkwasser gewaschen hatte, in einer gläsernen, mit einer gehörig weiten Mündung versehenen Flasche, darin einige Unzen frisches Kalkwasser befindlich waren, entzündete, verbrannte sie, ohne dafs ein Häutchen auf dem Kalkwasser erschien. *de Morveau* sagt (*Encyclop. method. Chim. I. p.* 719.) er habe alle ersinnliche Mittel angewandt, um bei der Verbrennung fixe Luft zu erhalten. Er habe in dieser Absicht in den Kolben, in welchem die Auflösung des Zinks, durch welche die entzündbare Luft erhalten wurde, vor sich ging, Kohlenstaub gebracht; er habe sich zu der Auflösung sehr schwache Salzsäure, die durch Thon abgeschieden sei, und Salzgeist genannt werde, ein anderes Mal der rauchenden Salzsäure bedient, er habe das Gas vor dem Oeffnen der Gefäfse sehr stark in dem Kalkwasser herumgeschwenkt; er habe darauf die Flüssigkeit in enge Glasröhren gebracht, um besser die Nuance der geringsten Veränderungen beurtheilen zu können, aber alles sei unnütz gewesen. Ebenderselbe bemerkt (a. a. O.) wenn man in das Gefäfs, in welchem man 2,66 Kubikzoll Wasserstoffgas, und 5,33 gemeine Luft entzünden wolle, Tournesoltinktur bringe, die so verdünnt worden, dass man die geringste Aenderung in ihrer Farbe leicht bemerken könne, oder man nach der Entzündung in das erhaltene Wasser einige Tropfen derselben Tinctur träufele, so geschehe keine Farbenänderung, sobald das Gas nicht schon vorher fremdartige Säure enthalten habe. Dasselbe finde auch Statt, wenn nur die Hälfte der Luftarten genommen werde; verbrenne man aber eine weit beträchtlichere Quantität dieses Gemenges, so ziehe sich die blaue Infusion deutlich ins Rothe 1).

1) *Die Säure ist salpetrichte oder Salpetersäure. (Man vergleiche hier die Resultate*

c) Bei dem Verbrennen des Wassetstoffgas vermittelst der atmosphärischen Luft bleibt Stickgas zurück. — *Volta* fand, daſs das, was nach der Entzündung eines Gemischs aus Wasserstoffgas und gemeiner Luft zurückblieb, so phlogistisirt war, daſs es ein Licht auslöschte; und daſs überhaupt die atmosphärische Luft nur in so fern als sie Sauerstoffgas enthielt, zu der Verbrennung taugte. 1) (*Encyclop. méthod. Chim. T.* III. *p.* 494.) Nach *Scheele* ist das, was von der gemeinen Luft, in den Wasserstoffgas verbrannt ist, zurückbleibt, leichter als die atmosphärische Luft, wie der Rückstand von dieser Luft nach Verbrennen des Phosphors. (*Mem. de Mathem. et de Phys. de l'Academ. Paris.* 1781 *p.* 398). *Priestley* erzählt (Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre, B. I. Wien und Leipzig 1780, p. 290), er habe in das eine Ende einer starken Glasröhre einen Drath geküttet, sie darauf mit Wasser gefüllt, und alsdann noch einen Drath so weit hineingesteckt, daſs zwischen beiden Dräthen nur etwa ein Abstand von einem halben Zoll war; damit der elektrische Schlag leicht aus einem in den andern übergehn konnte. In die auf diese Weise vorgerichtete Röhre brachte er erst ein Maafs entzündbare und zwei Maafse gemeine Luft hinein. Alsdann liefs er den elektrischen Funken zwischen beiden Dräthen recht in die Mitte der Luft schlagen, und steckte auf diese Weise alle entzündliche Luft an. Der Rückstand von der gemeinen Luft wurde nach dem elektrischen Schlage vollkommen phlogistisirt gefunden. Darauf mischte er ein Maafs der entzündbaren Luft mit drei Maafsen der gemeinen, liefs den elektrischen Schlag durchgehen, und bemerkte darauf, daſs die gemeine Luft in so weit phlogistisirt war, daſs ein Maafs von ihr und eins von der Salpeterluft einen Raum von 1,8 Maafs einnahmen. Er fand durch die nemliche Probe, daſs dies genau der Zustand war, in welchem drei Unzen Maafs von der nemlichen atmosphärischen Luft durch ein Maafs von derselben Salpeterluft versetzt wurden. Als er durch ein Gemisch von ein Maafs entzündbarer und vier Maafsen gemeiner Luft den elektrischen Schlag durchgehn liefs, war die gemeine Luft; wie er durch die Probe mit Salpeterluft fand, eben so sehr phlogistisirt, als sie es durch Beimischung einer gleichen Quantität Salpeterluft würde gewesen sein. In von Crells che-

über die Verbrennung des Wasserstoffgas mit Sauerstoffgas und die unter Stickgas Sauerstoffgas und Elektricität aufgeführten Erfahrungen.) Sie findet sich niemals wenn so viel Wasserstoffgas in der Mischung ist, als durch die in der letztern befindliche gemeine Luft verbrannt werden kann.

1) *Hierauf gründete sich ein Vorschlag, das Wasserstoffgas als Eudiometer, wie man zu sagen pflegt, besser Oxygenometer, anzuwenden.*

mischen Annalen (1803, 8tes Stück p. 109,) führt Priestley an, die Menge phlogistischer Luft, die zurückbleibe, nachdem die gemeine mit der brennbaren Luft verplatzt sei, betrage mehr, als was nach der Mischung von Salpeterluft mit der gemeinen übrig bleibe. 1)

De la Metherie sagt (über reine Luft a. a. O. Th. I, p. 236,) (sehr unpassend) die Verbrennung verwandle die brennbare Luft in verdorbene. Sennebier (Analyt. Unters. u. s. w. p. 45) bemerkt: die Entzündung der metallischen brennbaren Luft bringe auf die gemeine Luft dieselbe Wirkung hervor, als die phlogistische. Auch Cavallo erzählt (Abhandl. über die Natur und Eigenschaft der Luft u. s. w. p. 608), wenn man ein Gemisch von einem Theile entzündbarer und zwei Theilen respirabler Luft in einem verschlossenen Gefäſse entzünde, und nichts aus demselben herauslasse, so sei die nachher zurückbleibende elastische Materie phlogistisirte Luft, in welcher aber keine fixe Luft enthalten zu sein scheine. De Morveau sagt (*Encyclop. méthod. Chim. T.* I, *p.* II, *p.* 719), das rückständige Gas sei nach der Proportion des Gemischs verschieden; werde Wasserstoffgas im Uebermaaſs zugesetzt, so werde sich der Rückstand von Neuem entzünden, wenn man von Neuem gemeine Luft beigemischt habe, und es werde bei der Untersuchung mit Salpetergas nicht vermindert werden; sei hingegen die gemeine Luft im Uebermaaſs, so werde der Rückstand nicht von Neuem mit hinzugesetzter gemeiner Luft angezündet werden können, und durch Salpetergas vermindert werden.

Gardini bemerkt (D. Joseph Gardini Abhandl. von der Natur des elektrischen Feuers, aus dem Lateinisch. d. D. Joh. Mayer, übers. von Geister, Dresden 1793, p. 145), von der angezündeten brennbaren Luft, welche aus der

1) *Priestley* sieht diese Erscheinung als einen entscheidenden Beweiſs an, daſs die phlogistisirte Luft nicht, wie die Antiphlogistiker wollen, ein (chemisches) Element sei, sondern daſs sie hier zusammengesetzt werde; und auch Herr v. *Crell* sagt in einer Note dazu, die gröſsere Menge der Stickluft lasse sich wohl nur durch neue Erzeugung erklären, denn wäre sie hier bloſs ausgeschieden, so sei nicht einzusehen, warum sie sich bei der Vermischung mit Salpeterluft nicht eben so stark ausscheide, da diese doch alles Sauerstoffgas völlig an sich ziehe und das Stickgas zurücklasse. Gegen die Nothwendigkeit dieser Folgerungen lieſse sich jedoch (auch vorausgesetzt, daſs das Factum richtig ist) mit Grunde anführen, daſs es sehr schwer sei, reines Wasserstoffgas zu bereiten, und daſs bei den Versuchen, welche die angeführten Resultate gaben, derjenige Antheil Stickgas, welcher den Ueberschuſs über die Quantität des Rückstandes nach Behandlung einer gleichen Menge gemeiner Luft mit Salpetergas ausmachte, vielleicht schon vor der Entzündung in dem Wasserstoffgas befindlich gewesen sei.

v. S. Ph.

Oeffnung eines gläsernen Gefäfses herauskam, sei keine Elektricität entstanden; eine Vermischung von brennbarer mit gemeiner Luft innerhalb eines ziemlich langen Ochsendarmes eingeschlossen, habe ihm bei der Entzündung ebenfalls keine Elektricität gegeben.

Apparate mit denen die Verbrennung des Wasserstoffgas vermittelst der atmosphärischen Luft, nach den verschiedenen Zwecken, bequem vorgenommen werden kann.

a) Die elektrische Lampe, Brennluftlampe, (*Lampe électrique, lampe à air inflammable.*) Hierunter versteht man einen Apparat, durch den man einen Strom von brennbarer Luft durch Hülfe des elektrischen Funken entzünden, und dadurch eine Kerze leicht anzünden kann. Ein gewisser *Fürstenberger* zu Basel nahm von der Entdeckung, dafs sich die entzündliche Luft durch den elektrischen Funken anzünden lasse, Gelegenheit, dieses Instrument zu erfinden. *Ehrmann* hat dasselbe (*Description et usage de quelques lampes à air inflamable à Strasbourg* 1780; Beschreibung und Gebrauch einiger elektrischen Lampen, a. d. Franz. Strasb. 1780, 8.) folgendermafsen beschrieben: Von den zwei gläsernen Gefäfsen Taf. XX. Fig. 5. a und b dient das eine zum Behältnifs der brennbaren Luft, und das andere zur Füllung mit Wasser. Am untern Gefäfse b, ist bei h ein messingener Ring angeküttet. Die Hälse beider Gefäfse sind mit messingenen Kappen c und d versehen, welche vermittelst der messingenen Röhre p mit einander in Communikation sind; diese Röhre besitzt einen Hahn e, welcher, wenn er geöffnet ist, das Wasser aus dem Gefäfse a durch eine enge Glasröhre f in das Gefäfs b ergiefst; auf diese Art wird ein Theil der brennbaren Luft aus b durch die Seitenröhre g g herausgetrieben. Diese Röhre umgiebt ein hölzerner Teller i i, worauf zwei hölzerne Säulen l l stehen, welche sich um ihre Axen drehen lassen. Auf der einen Säule ist eine messingene Hülse m befestigt, auf der andern aber eine gläserne n. Durch jede dieser beiden Hülsen lassen sich messingene Stäbchen o o schieben, deren innere Enden stumpf, die äufseren aber in Häkchen umgebogen sind, um Ketten oder Dräthe daran zu hängen. An dem einen Häkchen befindet sich die Kette x die durch den Haken r an die Seitenröhre g g gehängt werden kann. Die Kappe d ist durch den Stanniolstreif q mit dem Ringe h in leitender Verbindung. Steht nun das ganze Instrument auf dem Tische, oder auf dem Fufsboden, und ist folglich nicht isolirt, so ist das Stäbchen m o mit dem Erdboden verbunden. Wird alsdann das Stäbchen t o mit dem Conductor der Maschine oder mit dem aufgehobenen Deckel eines geriebenen Elektrophors, oder mit einer geladenen Flasche u. s. f. in Verbindung gebracht, so entsteht ein Funken zwischen beiden Stäbchen. Bei dem Gebrauche dieser elektrischen Lampe werden die bei-

den Stäbchen o o so gestellt, dafs ihre Enden etwa 1 $^1/_2$ Linie weit von einanderstehen, und dafs der zwischen ihnen entstehende Funke nahe über der Mündung der Röhre k hinweggehen mufs. Alsdann füllt man das obere Gefäfs a mit Wasser, und das untere mit brennbarer Luft, bringt beide mit verschlossenen Hähnen gehörig zusammen, und öffnet zuerst den Hahn e, damit etwas Wasser durch die Röhre f in das Gefäfs b kommen kann, wodurch die brennbare Luft ein wenig zusammengedrückt wird. Hierauf öffnet man auch den Hahn s, damit die zusammengeprefste Luft aus der Mündung der Röhre k ströme; unmittelbar hierauf läst man zwischen den beiden Stäbchen m o und n o einen elektrischen Funken entstehn, welcher den Strom der brennbaren Luft, und durch diesen eine daran gehaltene Kerze anzündet. Soll die Flamme verlöschen, so wird zuerst der Hahn s und dann auch e wieder verschlossen. Um eben diese Zeit beschäftigte sich auch *Brander* in Augsburg mit der Verfertigung elektrischer Lampen, bei welchen die Röhre zwischen beiden Gefäfsen, durch einen Korkstöpsel, der auf das untere Gefäfs gesteckt wurde, hindurch ging. Sie wurden von *Weber* (Beschreibung des Luftelektrophors, Augsburg 1778, 8.) noch früher als die Fürstenbergerschen bekannt gemacht. Nachher verbesserte sie *Brander* dadurch, dafs er dem obern Gefäfse eine Oeffnung gab, um durch den Druck der äufsern Luft auf die Wasserfläche den Ausflufs des Wassers zu befördern, und dafs er die Seitenröhre nicht an der Zwischenröhre, sondern am untern Gefäfse selbst anbrachte.

Eine bessere Einrichtung wurde der Vorrichtung von Herrn *de Gabriel* in Strasburg gegeben, wie sie Taf. XX. Fig. 6 und 7 vorgestellet ist. Die beiden Gefäfse a und b mit den messingenen Kappen c und d müssen in die Büchse des Hahns e luftdicht eingeschroben werden können. In diesem Hahne sind zwei Löcher (Fig. 7) q und r auf die Achse senkrecht und parallel durchbohrt. Diese Löcher gehen an die Oeffnungen zweier Röhren f und g, wovon die erstern vom untern Theile der Büchse bis nahe an den Boden des untern Gefäfses herabgeht, die andern aber vom obern Theile der Büchse durch das obere Gefäfs a, und mit dem Aufsatzrohre k versehen ist. Das untere Gefäfs b hat einen messingenen Fufs, in dessen Mitte eine Oeffnung sich befindet, welche wenn die brennbare Luft dadurch in das Gefäfs gebracht worden ist, durch eine Lappenschraube luftdicht verschlossen werden kann. Die Einrichtung zur Erregung des elektrischen Funkens ist eben so, wie bei den vorigen, und steht auf der messingenen Scheibe i i, welche in einen auf a angebrachten Reif schliefst. Eine der beiden Säulen ist isoliert, die andern mit der Metallscheibe i i und diese durch eine Kette mit dem Fufsboden in Verbindung. Diese Lampe hat Dr. *Ingenhoufs* (Beschreib. einer Brennluftlampe, in s. vermischt. Schrift. übers. v. Molitor, Wien 1784, Th. I. 213) noch verschiedentlich verbessert. Um

Um das untere Gefäfs leichter mit brennbarer Luft zu füllen, giebt er dem Boden eine trichterförmige Gestalt. Zur Leitung des elektrischen Funken dient eine von zwei Stützen (Fig. 37) e und d gehaltene Metallstange f, welche den Funken auf die metallische Spitze des Hakens a überführt. Auf diese Weise geht er über die Mündung der Röhre b, aus der die brennbare Luft ausströmt, die folglich mit der Kerze h entzündet werden kann. Der Hahn a ist mit dem Erdboden durch das Gefäfs selbst, nemlich durch die metallenen Röhren, das Wasser und den messingenen Boden des untern Gefäfses verbunden. Das Loch i dienet das obere Gefäfs mit Wasser zu füllen. Endlich ist an dem Hahn selbst eine Scheibe angebracht, um deren Peripherie eine daran befestigte seidene Schnur herumgehet, deren Ende l an eine messingene Kette gebunden ist. Diese Kette wird über eine an der Stange f befestigte Rolle g herumgelegt, deren herabhängendes Ende den Deckel eines Elektrophors trägt. Auf diese Weise hebt sich beim Umdrehn des Hahns durch das Anziehn der Schnur und Kette der Deckel von selbst auf, und es entsteht sogleich der Funken, sobald der Hahn aufgedrehet ist. Man hat demnach hiebei nichts weiter zu thun, als blos den Deckel oder die Kette zu berühren, und den Hahn gehörig zu drehen, um sogleich zu jeder Zeit Licht zu erhalten. Diese Einrichtung, welche den Apparat sehr vereinfacht, ist eine Erfindung des Herrn *Pickel* in Würzburg; den Hahn e hat Dr. *Ingenhoufs* zugesetzt. Man verschliefst ihn, sobald die Lampe nicht mehr gebraucht wird, damit sich die in der Röhre befindliche brennbare Luft nicht in die Atmosphäre zerstreue, und beim Gebrauche sogleich wieder ausströme. *Langenbucher* änderte diese Lampe auch etwas ab (Beschreib. einer beträchtlich verbesserten Elektrisirmaschine u. s. w. Augsburg 1780, p. 221.) Der Fufs derselben L (Taf. XX. Fig. 8) ist das Gefäfs, worin die brennbare Luft kömmt. Auf dasselbe ist bei d die Vorrichtung mit den Hähnen geschroben, und auf die Hähne das Gefäfs A, welches mit Wasser gefüllt wird. Wird der Hahn a geöffnet, so läuft das Wasser in das mit brennbarer Luft gefüllte Gefäfs L. Jetzt öffnet man auch den Hahn b, worauf durch e soviel brennbare Luft heraussteigt, als bei d Wasser durch den Hahn a hinunter läuft. Jetzt giebt man dem Kügelchen E durch ein Elektrophor einen Funken, der sogleich die aus e heraufsteigende brennbare Luft entzündet, worauf die Flamme so lange in e brennt, bis das Gefäfs L voll Wasser ist; alsdann wird sie nach und nach verlöschen. Will man diese Lampe als Feuerzeug gebrauchen, so kann eine Füllung acht bis vierzehn Tage hindurch Dienste thun. Eine andere von ihm angegebene Vorrichtung die gleich der vorigen gehandhabt wird, zeigt die Fig. 9. Taf. XX. Durch d wird L mit brennbarer Luft gefüllt; dann wird ein Stöpsel hineingesteckt und das Rohr d darüber geschraubt. In den Obertheil A kommt Wasser; der erste Hahn ist an dem Rohr b befestigt,

und ist offen, wenn E in der Gegend von c stehet; wird der zweite obere Hahn a geöffnet, so kann die brennbare Luft herausfahren; auch diese Lampe kann als Feuerzeug acht Tage Dienste thun, besonders, wenn man die brennbare Luft durch die Zudrehung der Hähne sogleich wieder auslöscht. *Donndorff* beschreibt eine vom Professor *Stegman* aus Kassel erhaltene, der Langenbucherschen sehr ähnliche Lampe dieser Art, (Lehre von der Elektricität u. s. w. B. II, Erfurt 1788, p. 867.) Auch Herr *Volta* hat einige Abänderungen an dem Instrumente gemacht, das mit denselben von Adams (Versuch über die Elektricität, a. d. Engl. Leipzig 1785, p. 209 f.) beschrieben wird. Die Abbildung davon liefert die Fig. 10, Taf. XX. Der untere Hahn c dienet, die Kugel b mit brennbarer Luft anzufüllen, und das Wasser, das aus dem Bassin a durch die Röhre f in die Kugel b fällt, zu verschliefsen. Die kleine Spitze i wird gebraucht, um ein Wachslicht darauf zu stecken. Die eine Säule g ist von Messing, oben mit einer messingenen Kugel versehen; die andere h aber von Glas, oben mit einer Hülse, in welcher sich der Drath n hin und her schieben läfst, an dessen Ende eine Kugel angeschraubt werden kann.

Bei dem Gebrauche des Instrumens mufs man sorgfältig vermeiden, dafs zu der im untern Gefäfse eingeschlossenen brennbaren Luft keine atmosphärische hinzukommt, weil die dadurch entstehende Knallluft dem, der die Lampe gebrauchte, sehr gefährlich werden könnte. Die Mündung, aus der die atmosphärische Luft ausströmt, mufs aus diesem Grunde sehr eng sein. Herr Dr. *Ingenhoufs* ist der Meinung, dafs die von ihm beschriebene elektrische Lampe dem gedachten Unglücke wenig oder gar nicht unterworfen sei, weil die Flamme erstickt werden würde, ehe sie den langen Weg von der engen Mündung durch die ganze Röhre hindurch bis in das untere Behältnifs zurücklegen könnte. Nach seinen Versuchen kann eine Knallluft unter diesen Umständen nie zur Explosion gebracht werden. Aufserdem erinnert er noch, dafs man in dem obern Behältnisse das Wasser immer bis zu einer gewissen Höhe erhalten müsse, damit dessen Fall durch die Röhre in das untere Gefäfs Gewalt genug habe, die brennbare Luft in die Höhe zu treiben, und durch die Röhre auszustofsen. (Mit diesem Artikel kann man aufser den darin angeführten Schrift. noch folgende vergleichen: Gehlers phys. Wörterb. Th. II, p. 846, f. Eulers Briefe über verschied. Gegenst. der Naturl. teutsch durch Kries, B. III, p. 250; *Encyclop. méthod. Chim. T. I, p.* 717; Fischers phys. Wörterb. Th. III, p. 215, f.; Hildebrandts Encyclopäd. d. Chemie, Th. II, Heft 9, p. 245, f.)

b) Elektrische Pistole, Knallluftpistole (*Sclopetum electricum, pistolet électrique*) ist eine Einrichtung, die die Wirkung der Explosion der Knallluft gut zeigt. *Volta* kam bei seinen Entdeckungen über die Sumpfluft

zuerst auf den Gedanken, zu der obigen Absicht ein eigenes Instrument in Form einer Pistole zu gebrauchen (*Lettere sull' aria inflammabile nativa delle paludi*, *Como* 1776, 8., wovon zu Winterthur eine Uebersetzung 1778 heraus kam: Briefe über die natürl entstehende entzündbare Sumpfluft, von Herrn Alexander Volta; eine andere Uebersetzung veranstaltete Köstlin zu Strasburg 1778). In der Folge nahm er hiezu auch reinere künstlich entwickelte brennbare Luft oder vielmehr die aus einem Gemisch von atmosphärischer und brennbarer Luft bestehende Knallluft. Seit der Erfindung des Instruments ist seine Einrichtung öfters verändert. Es giebt gläserne Maschinen dieser Art, welche die Gestalt einer Pistole haben, und von denen *Schäfer* Beschreibungen gegeben hat; diese dienen aber gar nicht zu Versuchen mit irgend beträchtlichen Quantitäten, die doch dem Zwecke des Instruments am meisten entsprechen, sondern nur zu ganz kleinen Versuchen, bei denen man aber doch noch immer mit vieler Vorsicht verfahren mufs, wenn man vor dem Zerspringen gesichert sein will. Am besten werden Instrumente dieser Art von Metall verfertigt. Anfangs war gewöhnlich ihre Gestalt folgende: ein messingener Cylinder lief in einen damit verbundenen engern Cylinder aus, welcher letztere mit einem Kork verstopft wurde; am Boden jenes Cylinders wurde ein durchbortes Stück Messing geschraubt, und in dasselbe eine Glasröhre eingekittet, worin ein mit einem Kopfe versehener Draht befestigt ist, dessen Ende so umgebogen worden, dafs es nur ein bis zwei Linien weit von dem Messinge absteht. Wird die Pistole nicht gebraucht, so schraubt man noch eine messingene Haube über die Glasröhre; soll sie aber geladen werden, so zieht man den Kork aus der Mündung, und hält diese sehr genau an die Oeffnung einer mit brennbarer Luft angefüllten Flasche, welche in eben dem Angenblicke erst ist geöffnet worden; die leichte brennbare Luft wird alsdann in der Pistole aufsteigen, und sich mit der darin befindlichen atmosphärischen Luft vermischen, und Knallluft bilden. Wenn man auf diese Weise die Pistole etwa 15 bis 20 Sekunden lang über die Flasche gehalten hat, so verschliefst man beide augenblicklich mit genau passenden Stöpseln. Hält man nun den untern Theil der Pistole mit der Hand, nimmt die messingene Haube über der Glasröhre weg, und bringt den Knopf des Drahtes in der gläsernen Röhre gegen den Conduktor der Maschine, oder gegen den Knopf einer geladenen Verstärkungsflasche, so wird nicht allein hier, sondern auch zwischen krummen gebogenen Ende des Drahts und des Bodens der Pistole ein Funken entstehen; dieser letztere Funken entzündet die Knallluft mit einer Explosion, welche den Kork auf eine beträchtliche Weite forttreibt. Die Pistole läfst sich aus einer Flasche mit brennbarer Luft mehrere Mal nach einander laden, nur mufs sie bei jedem folgenden Male etwas länger über die Flasche gehalten werden. In Pistolen dieser gewöhnlichen

Art ist es aber nicht möglich, brennbare Luft mit atmosphärischer in einem bestimmten Verhältnisse vermischt einzuschliessen, und doch ist dieses zu einer guten Knallluft durchaus nothwendig. Deshalb gab Dr. *Ingenhoufs* (*Philos. Transact. Vol. LXIX, Part. II*, p. 410) eine etwas andere zusammengesetztere Einrichtung an, welche auch von *Cavallo* (Abhandl. über die Natur und Eigenschaften der Luft, a. d. Engl. p. 277) beschrieben und abgebildet ist. Sie ist zusammengesetzt aus drei in einander geschrobenen Theilen, dem Lauf, der Kammer und dem Handgriff. Durch den Handgriff geht ein Kolben, welcher sich in ein kegelförmiges Stück Elfenbein endigt, das an das innere kegelförmige Ende der Kammer genau anpafst. Um die Pistole zu laden hat man bereits gute Knallluft in einer Blase vorräthig; man drükt den Kolben mit dem konischen Theile dicht an das kegelförmige Ende der Kammer, schraubt den Lauf ab, hält die Mündung der Kammer dicht an die Oeffnung der Blase, und zieht alsdann den Kolben zurük, wodurch sich die Kammer mit Knallluft füllt. Nach der Wegnahme der Blase wird augenblicklich eine mit weichem Leder umwickelte Bleikugel in die Mündung gebracht, und der Lauf wieder darüber geschroben. Die Entzündung geschieht vermittelst zweier in dem Elfenbein am Kolben angebrachter Drähte mit Knöpfen, welche nicht weit von einander abstehen, und wovon einer mit dem Messinge des Instruments verbunden, der andere aber in einer Glasröhre isolirt ist, und sich auswendig in einen Knopf endigt, dem man den elektrischen Schlag geben kann. Uebrigens müssen die kleinen Knöpfe so tief im Elfenbein liegen, dafs sie dem Gange und Anschliessen des Kolbens nicht hinderlich sind. Dr. *Ingenhoufs* fand die Wirkung dieses Instrumentes sehr stark. Da aber auch diese von *Ingenhoufs* angegebene Einrichtung zur Füllung der Kammer mit Knallluft einige Zeit wegnahm, und ausserdem wegen des Ab- und Anschraubens unbequem war, so erfand Herr *Pickel*, der bei *Ingenhoufs* Versuchen zugegen gewesen war, eine eigene zum Geschwindeschiefsen eingerichtete elektrische Pistole. Ihre Gestalt ist cylindrisch, und an dem einen Ende kegelförmig. In dieses Ende pafst genau ein Stempel hinein, durch den ein Kanal die ganze Länge der Stange hindurch gebohrt ist; ein Maasstab an der Stange zeigt, wie viel Cubikzoll Raum durch Zurückziehung des Stempels in der Pistole entstanden ist. Der Kanal des Stempels besitzt einen Hahn (auch wohl, und noch besser zwei Hähne), und es kann daran eine mit Knallluft gefüllte Blase geschroben werden. Zieht man nun beim geöffneteten Hahne den Stempel heraus, so füllt sich alsdann der in der Pistole entstandene leere Raum mit Knallluft an, worauf der Hahn wieder verschlossen wird. Durch die Seitenwand des cylindrischen Körpers ist ein Stück Messing eingeschroben, wodurch ein Messingdraht in einer Glasröhre isolirt, und auswendig mit einem Knopf versehen hindurch gehet. Das innere Ende dieses Drahts

biegt sich gegen das Metall der Pistole, darf aber dem Gange des Stempels nicht hinderlich sein. Der äussere Knopf dieses Drahtes wird nun mit dem Conductor oder mit dem Knopfe einer geladenen Flasche in Berührung gebracht, wodurch die Knallluft entzündet wird. Nach dem Abfeuern wird nun der Stempel wieder zurück gestoſsen, der Pfropf der Pistole wieder vorgesteckt, der Hahn am Kanal geöffnet, und durchs Herausziehen des Stempels der innere Raum der Pistole von Neuem mit Knallluft gefüllt, worauf der Hahn wieder verschlossen und zum andern Male abgefeuert wird. Auf diese Weise kann man in einer Minute, wenn die Blase eine hinlängliche Menge Knallluft enthält, auf 8 bis 10 Mal abfeuern. Hat man in der Blase brennbare Luft allein, und will diese in einem gegebenen Verhältnisse mit gemeiner Luft vermischen, so dient eben hiezu der angeführte Maasstab. Es wird nemlich alsdann der Stempel noch vor Einstecken des Pfropfes mit geschlossenem Hahne bis auf den gegebenen Grad zurückgezogen, wodurch sich der dazu nöthige Raum mit gemeiner Luft anfüllt. Steckt man nun den Pfropf auf, öffnet den Hahn, und zieht den Stempel ganz zurück, so kömmt der nöthige Theil brennbare Luft aus der Blase hinzu. Dr. *Ingenhouſs* hat im Stempel eine kleine durchlöcherte Kammer angebracht, in welche Schwamm mit Hoffmanns *liquor anodynus* eingelegt werden kann. Durch diese Kammer muſs die gemeine Luft durchs Zurückziehen des Stempels durchstreichen, um in den innern Raum der Pistole gelangen zu können. Wenn an Statt der gemeinen Luft Lebensluft in dem gehörigen Verhältnisse mit der brennbaren Luft vermischt wird, so ist die Explosion so heftig, daſs man Gefahr wegen des Zersprengens der Pistole läuft, wenn man nicht von der Haltbarkeit derselben hinlänglich versichert ist. Andere gläserne Werkzeuge, mit denen man Knallluft vermittelst des elektrischen Funkens abbrennen kann, giebt *Weber* an. Ueberhaupt ist es leicht, allerhand Instrumentformen zu diesem Zwecke zu erfinden. So beschreiben *Weber* (a. a. O.) und *Donndorff* (Lehre von der Elektricität u. s. w. B. II, p. 864) eine elektrische Kanone, und *Wiſshofer* (Beschreibung einer elektrischen Flinte, Salzburg 1780, 8.) eine elektrische Flinte, die dieselbe Gestalt, als die gewöhnlichen hat, in deren Kolben ein geladenes Fläschchen verborgen, und an Statt des Flintenschlosses ein Spannwerk angebracht ist, welches durch den Drücker gelöst einen Stift gegen den Haken der Flasche führt, und diese dadurch entladet. (Vergl. Fischer's phys. Wörterb. Th. III, p. 903 f.; Gehler's phys. Wörterb. Th. III, p. 508 f.; Halle's Magie, Th. I, Berlin 1784, p. 30; fortgesetzte Magie, B. IV, p. 382 f.; Kries Ausgabe von Eulers Briefen, B. III, p. 249; Hildebrandt's Encyclopädie der Chemie, Th. II, Heft 9, p. 249 f.)

Voltas Eudiometer. — Weil die atmosphärische Luft nur in so fern das Verbrennen des Wasserstoffgas vermitteln kann, als sie Sauerstoffgas enthält, und bei dem Verbrennen des reinen Wasserstoffgas mit reinem Sauerstoffgas kein permanentelastisches Fluidum zurück bleibt, so schlug Herr *Volta* das Wasserstoffgas als Sauerstoffmesser für die atmosphärische Luft, oder wie man gewöhnlich, aber nicht richtig sich ausdrückt, zu einem Eudiometer vor (*Rozier's Journal de Physique*, *Nov.* 1778, *Avr.* 1779); indem man nemlich aus der Verminderung, die ein Gemisch von atmosphärischer Luft und Wasserstoffgas durch das Verbrennen erleidet, auf die Menge des vorhanden gewesenen Sauerstoffgas zurückschliessen soll. Das Verfahren bei der Anwendung dieses Gas zu dem angeführten Zwecke kann folgendes sein: Man läſst das zu prüfende Gas in ein Eudiometergefäſs treten, welches für diesen Prozeſs am besten eine an dem obern Ende verschlossene cylindrische graduirte Röhre ist, so, daſs sie ganz damit angefüllt ist. Auf die untere Mündung muſs ein messingener Deckel passen, der in seiner Mitte ein kleines Loch von ohngefähr 3 Linien im Durchmesser hat. Diesen schiebe man, nachdem das Eudiometer gefüllt ist, auf die untere Mündung auf. Man setze alsdann eine mit einer S förmigen Röhre versehene Flasche, die mit reinem brennbaren Gas gefüllt ist, neben eine Wasser gefüllte Wanne, so, daſs der untere Bug der S-Röhre in das Wasser hinab, die Mündung der S-Röhre aber aus dem Wasser herausragt; öffne den Hahn derselben, und zünde das ausströmende Gas an. Man halte das kleine Loch des das Eudiometer schliessenden Deckels mit dem Finger zu, und hebe es über die Flamme des brennenden Gas, schiebe es dann behende so herab, daſs die S-Röhre durch das Loch des Deckels fährt, und so schnell in das sperrende Wasser, daſs noch keine beträchtliche Aenderung des Volumens erfolgt sein kann, ehe das Eudiometer in das Wasser gelangt. So wie die Luft vermindert wird, und das Wasser steigt, hebe man die das brennbare Gas enthaltende Vorrichtung allmählig in die Höhe, damit die S-Röhre weiter aus dem Wasser rage, und die Flamme immer oberhalb des innern Wasserspiegels bleibe. Nachdem endlich die Flamme verlöscht ist, erwarte man die Abkühlung des Eudiometers bis zur vorigen Temperatur, und messe jetzt erst die Verminderung (Hildebrandt's Encyclopädie der Chemie, Th. II, Heft 9, p. 339 f.) *Volta* hat eine Geräthschaft angegeben, bei der man sich zu der Entzündung des elektrischen Funkens bedient (*L. Brugnatelli Annali di Chimica*, *I*, 1790, p. 171; II, p. 161; III, p. 36). Nach der neuesten Einrichtung besteht er aus 6 beweglichen Stücken, die leicht aus einander genommen werden können. Das erste ist ein wannenartiges sehr weites hohles kupfernes Gefäſs, das umgestürzt dem Ganzen zum Fuſse dient. Das zweite ist ein Hahn, der auf dem Fuſse eingeschroben ist: der Schlüssel desselben wird in seiner Lage durch

eine an sein Ende mit einer Schraube befestigte Kupferplatte erhalten: derselbe Schlüssel hat eine nach aussen hingehende Oeffnung, so, dafs, wenn man die Wendung, die ihn zu öffnen dient, mit dem Schlüssel nur halb macht, beide Oeffnungen in Communication mit dem Innern des Eudiometers sind. Diese Einrichtung hat den Zweck, in das Instrument nur immer kleine Quantitäten Luft auf ein Mal einlassen, und das in demselben befindliche Wasser ausleeren zu können, ohne dafs man das Ganze aus der pneumatischen Wanne zu nehmen genöthigt sei. Der dritte Theil ist ein dicker Glascylinder, von ohngefähr 9 bis 10 Zoll Länge, und anderthalb Zoll Durchmesser, der an jedem Ende eine kupferne Büchse mit einer Schraubenmutter hat, um ihn mit dem einen Ende auf den untern und dem andern auf den obern Hahn schrauben zu können. Auf dem Cylinder ist der Länge nach eine Kupferplatte angebracht, die an den Büchsen durch Schrauben befestigt, und in Zehntel und Hundertel getheilt ist. In der obern Büchse ist ein elektrischer Excitator angebracht, der in einer kleinen Glasröhre eingeschlossen und mit Siegelwachs umgeben ist, um ihn von dem Kupfer, durch welches er geht, zu isoliren. Er krümmet sich in sich selbst zurück, um sein Ende einem andern Kupferfaden, der sich in dem Innern der Büchse befindet, zu nähern. Der vierte Theil des Instruments ist ein Hahn, der nur darin von dem ersten verschieden ist, dafs er nach Aufsen hin keine Communication hat; mit dem einen Ende wird er auf die Glasröhre geschroben, und mit dem andern auf eine Wanne, deren Lage die umgekehrte von der der ersten ist, mit der er das vierte und fünfte Stück des Apparats bildet. Das sechste Stück ist eine andere Glasröhre, die beinahe eben so lang als die erste, aber viel enger und in 100 Theile eingetheilt ist. Ihre Capacität darf nicht mehr, als $\frac{1}{10}$ der erstern Röhre betragen. Diese zweite Röhre wird durch eine Schraubenbüchse auf den obern Hahn gebracht, dessen Ende im Innern eine Schraubenmutter hat, so dafs die Wanne auf den äussern und die Röhre in den innern Theil des Hahns geschroben wird. Will man sich dieses Volta'schen Eudiometers bedienen, so ist das Erste, was man zu thun hat, dafs man die untere Röhre und den Fufs in einer pneumatisch chemischen Wanne mit Wasser füllt; dann bringt man die Quantität Luft, die man untersuchen will, bei einer bekannten Temperatur und bestimmten Druck hinein, und setzt die Quantität Wasserstoffgas, die man ohngefähr für nöthig erachtet, den Sauerstoff bei der Verbrennung zu absorbiren, hinzu. Es ist immer rathsam, ein Uebermaafs von Wasserstoffgas zuzusetzen, um sicher zu sein, dafs aller Sauerstoff absorbirt ist. Nachdem man das Eudiometer gehörig umgeschüttelt hat, um beide Gasarten desto besser zu mengen, wischt man den Kupferfaden, der die Elektricität in das Innere leiten soll, trocken ab; darauf bringt man ihn mit der Metallscheibe des geladenen Elektrophors oder mit dem Knopfe

einer Leidner Flasche, deren äufsere Belegung mit dem Kupferstreif, der dem Instrumente als Skale dient, in Verbindung steht, in Berührung. Alsdann entsteht durch die Unterbrechung des Leiters in der Mitte des Gas ein Funken, welcher es entzündet, und das Sauerstoffgas ausscheidet. Weil im Augenblicke der Entzündung das Gas sehr ausgedehnt wird, so darf die Röhre nicht ganz damit angefüllt sein, und der untere Hahn mufs offen bleiben; denn, theils würde etwas von dem Gas, wenn die Tonne, die dem Instrumente zum Fufs dient, etwa nicht grofs genug wären, es nach der Ausdehnung ganz zu fassen, verloren gehen, und man ausser Stand sein, gehörige Berechnungen zu machen, theils würde das Gas, wenn ihm ein seiner Ausdehnung verhältnifsmäfsiger Raum fehlte, ohne allen Zweifel die Eudiometerröhre zerbrechen. Aus der Verminderung schliefst man nun auf das Verhältnifs des Sauerstoffgas und Stickgas in der atmosphärischen Luft. Will man aber auf den Versuch fufsen können, so mufs man sehr reines Wasserstoffgas anwenden, weil in dem Falle, da es fremdartige Substanzen enthält, welche Sauerstoffgas absorbiren, der Sauerstoffgehalt immer zu klein angegeben wird. 1) Lange haben die Physiker das Wasserstoffgas als ein sehr unsicheres eudiometrisches Mittel gehalten, und es gänzlich vernachläfsigt. Diese Vernachläfsigung gieng so weit, dafs *Gehler* im zweiten Theile seines physikalischen Wörterbuchs, der im Jahre 1789 herauskam, und *Fischer* im zweiten Theile seines Wörterbuchs, der im Jahre 1799 die Presse verliefs, unter dem Artikel Eudiometer, des Wasserstoffgaseudiometers auch nicht mit einer Silbe erwähnen. *J. A. Scherer* wendet (Geschichte der Luftgüteprüfungslehre, B. II, p. 221; Johann Ingenhoufs Versuche mit Pflanzen u. s. w., übersetzt von J. A. Scherer, B. II, p. 266, Anmerk.) gegen dieses Eudiometer ein, die Arbeiten mit ihm seien zu langwierig, besonders bei der dephlogistisirten Luft, wo zu 13 Maas derselben 29 Maas brennbarer Luft eines nach dem andern in die Glasröhre geleitet, wo 29 Ladungen und eben so viele Entladungen der Leidenschen Flasche, kurz, wo bei 90 Handgriffe verrichtet werden müfsten; überdem müsse man dabei noch sehr vorsichtig zu Werke gehen, weil der Versuch sehr gefährlich sein könne. Er sei gegenwärtig gewesen, als *Volta* selbst 1784 am 7. August einen Versuch mit gemeiner Luft bei Herrn *Ingenhoufs* angestellt bei dem die erste Entzün-

1) *Jetzt, da es fast erwiesen ist, dafs die Atmosphäre unter allen Umständen so ziemlich dasselbe Verhältnifs in ihren Grundbestandtheilen darbietet, mögte der gröfste Nutzen der Eudiometer fast darin zu suchen sein, dafs sie ein Mittel abgeben, den Sauerstoffgehalt der künstlich in den Laboratorien entwickelten Gasarten prüfen zu können.* *v. S. Ph.*

Entzündung des Luftgemisches das obere gewichtige messingene Stück vom Eudiometer mit Gewalt in die Höhe geschlagen, und die dicke Glasröhre zum Theil zersprengt habe. *Berthollet* sagt (Scherer's allgemeines Journal der Chemie, B. I, p. 590), die Methode, die atmosphärische Luft durch Wasserstoffgas zu prüfen, sei viel genauer, als die, bei der man Salpetergas anwende, aber sie erfordere einen zusammengesetzten Apparat; auch könne das Wasserstoffgas in Rücksicht seines Kohlenstoffgehalts sehr verschieden sein, wodurch die Resultate dieser Versuche sehr veränderlich ausfallen können. Dem ohngeachtet sei diese Methode hinlänglich genau, wenn man blos verschiedene Luftarten vergleichen wolle, und wenn man sich desselben Wasserstoffgas zu dieser Untersuchung bediene, nur lasse sich die Quantität des Sauerstoffgas dadurch nicht genau bestimmen; das Verhältnifs des Sauerstoffs und Wasserstoffs in der Zusammensetzung des Wassers sei bekannt; die Verhältnisse des specif. Gewichts beider Gasarten seien aber noch nicht genau bestimmt, und sie ändern sich zu oft wegen Verschiedenheit des Wasserstoffgas, als dafs sich genau bestimmen liefse, wie viel von der durch die Verbrennung bewirkten Verminderung dem Wasserstoffgas und dem Sauerstoffgas zukomme, um hiedurch die Quantität des Sauerstoffgas, die der untersuchten Luft angehört, anzugeben. *de la Metherie* wendet (über reine Luft a. a. O. Th. I, p. 149) dagegen ein, man sei niemals gewifs, ein entzündbares Gas von gleicher Beschaffenheit zu haben, und die entzündbare Luft werde einigermafsen durch Wasser verändert. 1) Hofrath *Gmelin* führt an (Crell's chem. Annal. B. I, 1800; p. 467 f.), er habe gefunden, dafs das entzündbare Gas die Lebensluft aus der atmosphärischen nicht so vollkommen ausziehe, als das Salpetergas dieses thue, denn der luftförmige Stoff, der nach der Prüfung der gemeinen Luft mit entzündbarer zurück geblieben sei, habe bei seinen Versuchen bei der Vermischung mit Salpetergas immer noch eine Verminderung erlitten. Als er 300 Theile atmosphärischer Luft, und 100 Theile entzündbaren Gas, wie es bei der Auflösung reiner Bohrspäne vom Eisen in verdünnter Schwefelsäure aufstieg, nachdem es durch Schütteln mit frischem Kalkwasser so viel als möglich von Kohlensäure gereinigt war, in dem Volta'schen Eudiometer nach *Volta's* Vorschrift mit einer aus dem Elektrophor geladenen Flasche durch den elektrischen Funken entzündet, so ereignete sich die Entzündung 2) ohne Knall, und das Wasser

1) *Vergleiche Darstellung der allgemeinen verbreiteten Potenzen, B. I, p. 465.*

2) *Er bemerkt indessen hiebei, dafs in manchen seiner Versuche die Entzündung nicht habe erfolgen wollen, auch wenn der Leiter trocken und der Funken stark genug war, und er sowohl deswegen, als nach der Analogie anderer Versuche alle Ursach zu haben glaubte, die Entzündung zu erwarten.*

sprang, sobald der untere Hahn geöffnet wurde hinein; es blieben von dem Luftgemenge 280, in einem zweiten Versuche nur 278 Theile zurück; es waren demnach das erste Mal 120, das andere Mal 122 Theile verschluckt, und von der zurückgebliebenen Luft gaben 100 Theile, wenn man sie in *Fontanas* Eudiometer mit 100 Theilen Salpetergas zusammen brachte, 162 bis 165, es wurde also immer noch ein ziemlicher Antheil verschluckt. *Thomson* bemerkt (System der Chemie, Wolff's Uebersetzung, B. III, Abtheil. 2, p. 17), die Volta'sche Methode, die Luft zu prüfen, sei nicht eines so hohen Grades von Genauigkeit fähig, als die bei der Salpetergas angewendet werde; denn, wenn man eine zu geringe Menge Wasserstoffgas anwende, so werde nicht allein ein Theil des Sauerstoffgas zurück bleiben, sondern es werde auch, indem sich Salpetersäure bilde, ein Theil Stickgas verschwinden. Auf der andern Seite werde, wenn zu viel Wasserstoffgas zugesetzt werde, ein Theil desselben nach der Entzündung der Mischung zurück bleiben, und das Volumen des Rückstandes vermehren; deshalb sei das Voltasche Eudiometer, wenn es sonst gleich seinen Nutzen haben mögte, wohl nicht geeignet eine genaue Analyse der Luft zu geben. *Oerstedt* führt (Neues allgemeines Journal der Chemie, B. V, H. 4, p. 374) an, die Untersuchung der atmosphärischen Luft durch Wasserstoffgas sei leichter und sicherer, als die durch Salpetergas. Ein elektrischer Funke vollende in einem Augenblick den chem. Prozefs. Man wisse bestimmt, wie viel Sauerstoffgas sich mit einem gegebenen Volumen von Wasserstoffgas verbinde, um damit Wasser zu geben; man könne demnach sehr leicht die Menge des verzehrten Sauerstoffgas aus dem Volumen der verschwundenen Luft berechnen; indessen sei auch diese Methode weit davon entfernt, tadellos zu sein, so lehre die Erfahrung, dafs auch ein Theil des Stickgas bei dieser Operation verbrenne, und Salpetersäure bilde; das Wasserstoffgas vermöge auch nicht, dem Stickgas alles Sauerstoffgas zu entziehen; man finde ferner, dafs das Wasserstoffgas sich gar nicht in einer sauerstoffarmen Luft entzünden lasse, so, dafs man genöthigt werde, eine solche vor der Prüfung mit einer gegebenen Menge von Sauerstoffgas oder sauerstoffreicher Luft zu vermischen, wo denn das Wasserstoffgas erst in den Stand gesetzt werde, darauf zu wirken; vermuthlich komme dieses daher, dafs das Wasserstoffgas erst bei dem Glühen eine grofse Affinität zum Sauerstoffgas erhalte, und dafs nur in einer an Sauerstoffgas reichen Luft dieses Glühen gehörig unterhalten werden könne. Dieses angenommen müfste man weiter schliessen, je vollkommener das Glühen des Wasserstoffgas, desto gröfser auch seine Affinität zum Sauerstoffe, je gröfser diese Affinität, desto vollkommener auch die Decomposition der Luft, mithin würde man nach dieser Methode eine jede sauerstoffarme Luft weniger sauerstoffhaltig angeben, als sie wirklich ist. Das Wasserstoffgas ist sehr selten ganz

kohlenstoffrein. Daher bildet sich auch kohlensaures Gas, welches sehr die Resultate stört. Die Fehler, die vom Sperrwasser herkommen, begleiten auch diese Untersuchung. Wenn man auch den hieher gehörigen Apparat zum Gebrauch in der Quecksilberwanne einrichten könnte, so würde dieses doch diesen Mängeln nicht abhelfen, weil bei der Operation Wasser hervorgebracht wird.

Die Herren *v. Humboldt* und *Gay-Lussac* haben sich des Wasserstoffgas Eudiometer sehr eifrig angenommen, und erklären, daſs das Volta'sche Eudiometer vor allen andern den Vorzug verdiene, weil es mit Genauigkeit, Schnelligkeit des Resultats, und den Vortheil, keine Berichtigung des abgeänderten Thermometer- und Barometerstandes wegen zu erfordern, verbinde; weil darin eine vollständige Absorbtion des Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas erfolge, im Fall das Verhältniſs des einen zum andern innerhalb der Grenzen von 9 : 1 sei; weil, welches von beiden auch überschüssig sei, das Verhältniſs, in welchem sie absorbirt werden, immer genau dasselbe bleibe, nemlich 200 Wasserstoffgas gegen 100 Sauerstoffgas (dem Volumen nach); und daſs die Grenzen des Irrthums noch unter 0,003 bleiben; denn es besitzt noch den Vorzug, den eudiometrische Mittel gewähren, welche die zu schätzende Menge vielfach in sich enthalten. Da nemlich jedes $^1/_{100}$ Sauerstoffgas in diesem Instrumente durch eine drei Mal so groſse Absorbtion vorgestellt wird, so trifft jeder mögliche Irrthum nur zu ein Drittel auf dieses, wodurch bei den jetzt sehr genauen Instrumenten, die das Maas in 300 Theile theilen, die Genauigkeit in der Schätzung der Menge des Sauerstoffs, wenn man sich auch um einen Theil des Maaſses betrügen sollte, nahe auf $^1/_{1000}$ der analysirten Luft gebracht wird. Die Versuche, aus denen sie dieses folgern, mit künstlichen Gemischen von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas sehe man im ersten Bande bei Wasserstoffgas und Sauerstoffgas (p. 134 f. und 173 f.); mit Gemischen aus Stickgas, Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, unter dieser Abtheilung (p. 510). Will man eine sehr geringe Quantität Sauerstoffgas, die unter Wasserstoffgas oder Stickgas verloren gegangen ist, bestimmen, so muſs man der zu prüfenden Luft, damit eine Entzündung erfolgen könne, eine angemessene Menge Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas zusetzen, die man vorhin in Hinsicht der Gröſse der Absorbtion, die sie erleiden, untersucht hat, da dann die gröſsere Absorbtion im zweiten Falle auf Rechnung des in der untersuchten Luft befindlich gewesenen Sauerstoff oder Wasserstoffgas kommt. Auf diese Weise haben sie, bei der durch häufige Versuche erlangten Fertigkeit 0,03 Wasserstoffgas, das sie zur atmosphärischen Luft gesetzt hatten, wieder finden können. Gegen die Einwendung wider *Volta's* Eudiometer, daſs man, weil das Wasserstoffgas nicht stets von gleicher Beschaffenheit sei, in Irrthümer fallen könne, die schwer zu schätzen

sein würden, führen sie an: ob es Stickgas enthalte, sei gleichgültig, 1) nur wenn Sauerstoffgas darin vorhanden wäre, würde sich dieses mit der zu schäzenden Menge vermischen, und die Resultate beeinträchtigen. Zur Vermeidung dieses Nachtheils könne man zuerst 500 Wasserstoffgas mit 100 Sauerstoffgas besonders verpuffen lassen, und den Rückstand, in welchem der Sauerstoffgehalt jetzt zerstört sein werde, zu der Analyse anwenden. Bei Anwendung dieser Vorsicht kann man sich, ihrer Meinung nach, eines auch noch so nachlässig bereiteten Gas bedienen, wenn es nur aus Zink und Schwefel- oder Salzsäure entwickelt wurde. Aus allem diesem ziehen sie die Folgerung, dafs, angenommen, dafs das festgesetzte Verhältnifs des Sauerstoffgas zum Wasserstoff = 100 : 200 (dem Volumen nach) strenge genau sei, so werde man auch genau das Verhältnifs des Sauerstoffgas zum Stickgas in der Luft ausmitteln können; gesetzt aber auch, das die Menge des Wasserstoffgas um 5 Einheiten zu grofs oder zu klein wäre, so würde der Irrthum in der analysirten Luft doch nicht über 0,003 gehen, und wir würden eine gröfsere Genauigkeit erhalten, als durch andere eudiometrische Mittel.

Mit diesem Eudiometer stellten nun die Herrn *v. Humboldt* und *Gay-Lussac* verschiedene Versuche über den Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft, die mitten über der Seine in kalter, temperirter und regnichter Witterung und bei verschiedenen Winden geschöpft war. Um eine gröfsere Gleichheit der Umstände zu bewirken, und etwa Statt findende Verschiedenheiten desto besser wahrzunehmen, wurde die zu verschiedenen Zeiten gesammelte Luft, die in gut verschlossenen und in Wasser versenkten Gläsern aufbewahrt worden, an einem Tage geprüft. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammen gestellt:

Tage, an welchen die Luft gesammelt worden.	Temperatur nach dem 100 gradigen Thermometer.	Zustand der Atmosphäre.	Absorbtion nach Verpuffung von 200 atmosphärischer Luft u. 200 Wasserstoffgas.	Menge des Sauerstoffgas in 100 Theil. Luft.
26	7,3	Bedekter Himmel Ostwind.	126,0 126,0	21,0 21,0
27	4,5	Bedeckter Himmel O. S. O. Wind.	126,0 126,0	21,0 21,0
28	4,7	Feiner Regen; sehr starker S. W. Wind.	126,0 126,0	21,0 21,0

1) *Schwerlich! denn enthält das Wasserstoffgas Stickgas, und es wird so viel atmosphärische Luft angewandt, als man nöthig hätte, das reine Wasserstoffgas zu verbrennen. so wird Salpetersäure erzeugt, und die Berechnung nach der Verminderung unrichtig werden.* v. S. Ph.

Tage, an welchen die Luft gesammelt worden.	Temperatur nach dem 100 gradigen Thermometer.	Zustand der Atmosphäre.	Absorbtion nach Verpuffung von 200 atmosphärischer Luft u. 200 Wasserstoffgas.	Menge des Sauerstoffgas in 100 Theil. Luft.
29	10,0	Feiner Regen; Süd-wind.	126,0 126,5	21,0 21,1
30	12,5	Bedeckt. Himmel; S. W. Wind.	126,8 126,0	21,2 21,0
1	6,7	Bewölkt. Himmel gelind. Reg. S. W. Wind.	126,0 126,0	21,0 21,0
2	1,5	Bewölkter Himmel West Wind.	126,0 126,0	21,0 21,0
3	8,5	Regen; Süd-Wind	126,3 126,5	21,0 21,1
4	10,6	Bedeckt. Himmel S. W. Wind.	126,2 126,5	21,0 21,1
5	3,3	Bewölkter Himmel Ost-Wind.	126,5 126,0	21,1 21,0
6	1,6	Reif; Nord-Wind.	126,0	21,0
7	1,3	Schnee; Nord-Wind.	126,5	21,1
10	4,1	Nebel; Nord-Nord-Ost-Wind.	126,0	21,0
12	2,3	Bew. Himmel; Dünste; Ost-Wind.	125,5	20,9
14	4,2	Regen; Süd-Wind.	126,0	21,0
16	3,1	Dicker Nebel.	126,0	21,0
22	9,6	Regen; S. S. W. Wind.	126,0	21,0
28	2,2	Bedeckt. Himmel Nord-Ost-Wind.	126,0	21,0
2	1,0	Glatteis; dicker Nebel; Süd-Ost-Wind.	126,0	21,0

1)

Noch zerlegten dieselben Versucher mit demselben Instrumente zwei Portionen Luft, von denen die eine mitten im Parterre des *Theatre françois* einen Augenblick vor dem Aufzuge des Vorhangs zur Vorstellung des zweiten Stücks,

1) Aus diesen Versuchen folgern die Experimentatoren, 1) daſs die Veriationen im Sauerstoffgehalte der Atmosphäre nicht über 0,001 betragen; 2) daſs das Verhältniſs des Sauerstoffgas zu den andern Gasarten in der Luft = 21 : 79 ist.

viertehalb Stunden nach der Versammlung einer grofsen Menge von Zuschauern, und die zweite drei Minuten nach Beendigung des Schauspiels im höchsten Theile des Saales geschöpft worden. Beide trübten kaum das Kalkwasser; die Resultate der vergleichenden Analyse zeigten, dafs die Luft des Parterre 20,2, und die aus der Höhe des Schauspielsals geschöpfte 20,4 Sauerstoffgas enthielt, dagegen andere zu gleicher Zeit analysirte Luft 21,0 zeigte. *Seguin* hat auch auf dieselbe Art Luft aus 12 Stunden hindurch genau verschlossen gehaltenen Sälen in Hospitälern untersucht, und sie fast eben so sauerstoffhaltig gefunden, als gewöhnliche Luft, ob sie gleich einen unerträglich faulen Geruch befafs.

Atmosphärische Luft und Wasser.

1) Atmosphärische Luft und Eis.

Das Eis verdünstet in der Luft. *Boyle* scheint der erste gewesen zu sein der einen Versuch hierüber anstellte (*Not. de Atmosphaeris corporum consistentium*, *p. m.* 4). Er fand durch eine scharfe Waage, dafs ein Stück Eis, welches nicht völlig zwei Unzen wog, und das er im Winter gegen Mitternacht auf die Wage brachte, während der Nacht über 10 Gran von seinem Gewichte verloren hatte. Er bemerkt dabei, er habe den Versuch in mehr als einem Winter und an verschiedenen Orten angestellt, und stets ähnliche Erfolge beobachtet. (Vergl. Wolff's nützl. Vers. Th. II, 1738, p. 231; Abhandl. der königl. schwed. Akademie der Wissenschaften, B. VIII, 1746, p. 3 u. 53 d. Uebers.; *Philosoph. Transact. Vol. LV*, 1765, *No. XXIII;* Neues Hamburger Magazin, St. 8, 1767, p. 149 f.; Lambert's Pyrometrie, 1779, p. 128; Karstens kurzer Entwurf der Naturwissenschaft, 1785, p. 104; Blakk's Vorles. über die Grundlehren der Chemie, B. I, p. 255). *von Mairan* bemerkt (Abhandl. von dem Eise, Leipzig 1752, p. 239), die Ausdünstung des Eises bald zu sehen, dürfe man nur einige spitze und scharfe Stücke an die Luft setzen; man werde in Kurzem ihre Spitzen und ihre scharfen Kanten abgestumpft, und ihr Gewicht merklich vermindert finden.

Von Humboldt sagt (Versuch über die chem. Zerlegung des Luftkreises, 1799 p. 164) Schnee und Eis verdunsten selbst bei — 3° Reaum. *Hube* führt (Unterricht in der Naturlehre u. s. w. B. II. 1801, p. 271) an, das Eis dün-

ste sogar beim stärksten Froste aus. An einer andern Stelle (a. a. O. p. 281 fügt er hinzu, das Eis dünste zwar weniger aus als Wasser, aber dennoch dünste es immer selbst beim heftigsten Froste, so wie der Schnee, sehr merklich aus. Es werde von der Luft so wie das Metall von Säuren zerfressen. *Saussure* wählte zu einem Versuche über unsern Gegenstand eine Nacht vom dritten bis vierten Februar d. J. 1782, welche sehr schön, einförmig und so ruhig ausfiel, daſs er die ganze Operation im Freien anstellen konnte, und die Flamme des Lichts dabei nicht einmal eine Bewegung litt. Um fünf Uhr Abends stellte er auf einen etwas erhabenen Platz eine Kugel 1 $\frac{1}{4}$ Fuſs groſs; worin auſser der recht trockenen Luft ein Thermometer, Hygrometer und Manometer befindlich waren. In das Wachs, womit die Kugel verklebt war, machte er eine kleine Oeffnung, damit die äuſsere Luft in diese nach dem Maaſse hineintreten konnte, als sich die innere durch die Kälte verdichtete, und damit diese Luft mit der Kugel vermischt auf das Hygrometer möglichst wirken könnte. Um Mitternacht, 24 Minuten nach 12 Uhr machte er den Anfang; das Hygrometer stand auf 36,70, das Thermometer auf 2, $\frac{7}{10}$ Grad unter 0, und das Manometer auf 26 Zoll 7 $\frac{10}{16}$ Linien. Jetzt that er etwas zusammengerollte, angefeuchtete und darauf völlig gefrorene Leinewand am Gewichte 25 $\frac{3}{100}$ Grane hinein, und verklebte unverzüglich mit weichem Wachse sowohl die kleine Oeffnung, wodurch die Leinwand hineingebracht war, als auch die, welche er vorher gemacht hatte. Wenige Augenblicke nachher rückte das Hygrometer zur Feuchtigkeit; in 24 Minuten hatte es schon über 4°, in einer Stunde 18° zurückgelegt, und war endlich nach 3 Stunden auf 86 Grad $\frac{22}{100}$ gekommen, folglich überhaupt 49 $\frac{52}{100}$ Grade zur Feuchtigkeit fortgerückt. Während dieser Zeit hielt das Manometer immer mit Steigen an, obgleich die Luft auf einerlei Kältegrad blieb; und zuletzt stand es 1 $\frac{1}{32}$ Linie höher, als in dem Augenblicke, da er die gefrorne Leinewand in die Kugel hing. Diese Leinewand war 1 $\frac{78}{100}$ Gran leichter geworden. (Versuch über die Hygrometrie, durch Horatz Benedict de Saussure, Leipzig 1784, p. 150 f.) *John Dalton* machte folgenden Versuch: Er lieſs in einer zinnernen Schale von sechs Zoll Durchmesser Wasser zu einer runden Scheibe gefrieren, wog Schale und Eis genau, setzte dann beide eine Zeit lang an die offene Luft, und wog sie wieder, wodurch sich fand, wieviel Eis in der Zwischenzeit verdünstet war. Die Resultate des Experiments enthält die folgende Tabelle:

Zeit der Beobachtung.	St.	Verlust in Gran.	also in einer Minute.	Wind.	Temp. der Luft.
5. Nov. Nachts	9	110	0.20 Gr.	N. O. stark	28 — 31° F.
10 U. Vorm.	1¼	25	0,33	N. O. mäſsig	32°
29 — 1 U. Nachm.	1¾	24	0, 3	ruhige Luft	31°
Nachm.	9¼	84	0,15	— —	30°
30 — Nachts	9	94	0,17	N. O. mäſsig	31°
19 Dec. Nachm.	8	75	0,16	N. O. ruhig	26 — 28°
Nachts.	11	33	0,05	ruhig	29°
20 — Vormitt.	2	21	0,175	W. mäſsig	31°

Professor *Winthrop* fand seine im Freien aufgestellte elektrische Geräthschaft einige Stunden lang stark elektrisch, als der Schnee der den Tag vorher gefallen war, und der beim Fallen seine Geräthschaft gar nicht elektrisch gemacht hatte, durch einen heftigen Wind umher getrieben wurde. Dieses Resultat hat er zu zwei verschiedenen Malen erhalten. (*Experiments and observations on Electriciy, made at Philadelphia in America, to which are added Lettres and Papers on Philosophtcat subjects. The whole corrected and methodized, improved and now first collected into one Volume, and illustrat et with Coppes-platea, Lond* 1769, *p.* 434; Joseph *Priestley* Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektricität u. s. w., 1772, S. XXVIII.) 1)

2) Atmosphärische Luft und flüſsiges Wasser.

Von dem Verhältniſse zwischen der spec. Schwere des Wassers und der atmosphärischen Luft ist schon bei der Schwere der atmosphärischen Luft (B. II. p. 203 bis 221) gehandelt. *)

1) *Ueber den Zustand der Luft während der natürlichen wäſsrigen Niederschläge, Herabfallen des Nebels, des Regens, Schnees, Hagels, sehe man weiter unten die Unterabth. „die verschiedenen wäſsrigen Niederschläge".*

*) Die Wirkungen des Drucks der Atmosphäre auf das Wasser, haben wir im allgemeinen zwar schön als deutliche Beweise der Schwere und Elasticität der atmosphärischen Luft bei den Attributen der letztern zu dienlichen Erläuterungen benutzt (Vergl. B. II. p. 188 — 192); wobei uns das Wasser nur gleichsam als Luftanzeiger (*Aëroskop*) diente. Da aber die Effecte des Drucks der Atmosphäre auf das Wasser im gemeinen Leben vom gröſsten Nutzen sind, und sich auf das reine Verhalten der Atmosphäre zum Wasser gründen, so wollen wir hier das Resultat des Drucks der Atmosphäre

Saugpumpe.

mosphäre in so fern er auf die eigenthümliche Substanz Wasser wirkt, in technischer Hinsicht abhandeln, und demnach zuerst näher betrachten: das

Saugwerk, Saugpumpe, (*Antlia suctoria*, *Pompe aspirante*); eine Pumpe in der das Wasser beim Aufziehen des Kolbens durch den Druck des Luftkreises gehoben wird. Die gemeine Wasserpumpe (welche im zweiten Theile bei der Abhandlung der Gesetze des Gleichgewichtes der Flüssigkeiten im Allgemeinen (Hydrostatik) untersucht werden wird, verwandelt sich schon in ein Saugwerk, sobald ihr Kolben über die Wasserfläche aufsteigt. Denn wenn ihm alsdann das Wasser nachfolgt, so geschieht dieses nicht mehr durch den Druck der äufsern Wassersäulen, sondern es wird durch den Druck des Luftkreises auf diese Säulen bewirkt.

Die gewöhnliche Einrichtung einer Saugpumpe besteht überhaupt in folgenden Stücken; die Pumpe besteht aus zwei Röhren (Taf. XXI, Fig. 1) a b c d und e g h f, wovon die erstere der Stiefel, und die andere, welche ins Wasser zu stehn kommt, und nicht über 28 Fufs sein kann, die Saugröhre, oder bei den Kunstgezeugen im Bergbau der Ansteckekiel genannt wird. Der Stiefel, in dem der Kolben auf und nieder spielt, ist etwas weiter als die Saugröhre. Uebrigens sind der Stiefel und die Saugröhre da, wo sie aneinander gesetzt werden, mit Rändern umgeben, zwischen welche ein lederner Ring gelegt, und alsdann alles vermittelst Schrauben gehörig befestigt wird. Soll die Pumpe reines Wasser geben, so wird unten in der Saugröhre ein mit Löchern durchstochenes Blech, der Seiher, angebracht; der Stiefel ist unten bei i, so wie der Kolben bei k mit einer Klappe oder einem Ventile versehen. Steht nun anfänglich der Kolben in seiner niedrigsten Stelle so, dafs er das Ventil i unten im Stiefel unmittelbar berührt, so würde bei dieser Voraussetzung zwischen beiden gar keine Luft befindlich sein, wenn die untere Fläche des Kolbens an das Ventil allenthalben anschlösse; die zwischen beiden anfangs befindliche Luft würde durch das Kolbenventil beim Niederstofsen gänzlich heraustreten, und dies würde die vollkommenste Einrichtung der Pumpe sein. Sie läfst sich aber nicht gut so machen, dafs sie dieser Voraussetzung völlig Genüge leistete. Zwischen dem Kolben und dem Ventile wird ein kleiner Raum bleiben, welcher folglich anfangs mit Luft von natürlicher Dichtigkeit angefüllt ist. Wenn aber der Kolben nun bis zu seiner höchsten Stelle, etwa z. B. 4 Fufs hoch hinaufsteigt, so breitet sich die vorhin unter dem Kolben zurückgebliebene Luft in den ganzen Raum aus, der nun zwischen dem Kolben und Ventil leer wird. Hiedurch wird ihre Elasticität vermindert, und die Elasticität der

Saugpumpe.

in der Saugröhre befindlichen Luft ist stärker; daher stöfst sie das Ventil i auf, und ein Theil von ihr tritt in den Stiefel hinein. Hiedurch wird zugleich die Elasticität der in der Saugröhre zurückbleibenden Luft vermindert, so, dafs sie mit der Elasticität der äufsern Luft nicht mehr im Gleichgewicht bleibt. Es wird daher die äufsere Luft in die Saugröhre so viel Wasser hineintreiben, bis das Gewicht der hineingetretenen Wassersäule mit dem Drucke der eingeschlossenen Luft zusammen dem Drucke der Atmosphäre gleich ist. Indem ferner der Kolben von der höchsten bis zur niedrigsten Stelle zurückgestofsen wird, drückt er die unter ihm und über dem Stiefelventil i befindliche Luft zusammen; diese schliefst also das Stiefelventil, stöfst das Kolbenventil auf, und tritt durch dasselbe über den Kolben hinauf, einen kleinen Theil ausgenommen, welcher wie zu Anfang zwischen Kolben und Stiefelventil zurückbleibt. Beim zweiten Hub des Kolbens wird nun eben das mit einem geringen Unterschiede erfolgen, was beim ersten Hub erfolgte. Ueberhaupt sieht man leicht, dafs, wenn der Kolben fortfährt auf und nieder zu steigen, bei jedem neuen Hub das Wasser in der Saugröhre höher steigen, und endlich durch das Ventil i in den Stiefel hineintreten müsse; da es alsdann weiter mittelst des Kolbens wie bei der gemeinen Wasserpumpe bis zur Ausgufsröhre a gehoben wird. Liefse sich die Einrichtung so machen, dafs der Kolben in seinem niedrigsten Stande ganz genau an den Boden des Stiefels und das daselbst befindliche Ventil anschlösse, so würde das Wasser alle Mal bis in den Stiefel treten, und bis zur höchsten Stelle des Kolbens gehoben werden, wenn nemlich die gröfste Kolbenhöhe über dem Wasserpafs m l nicht über 32 Rhl. Fufs beträgt. In allen andern Fällen, wo zwischen dem Kolben in seinem niedrigsten Stande und dem Boden des Stiefels ein Zwischenraum bleibt, wird die in demselben zurückbleibende Luft dem in der Saugröhre hinaufsteigenden Wasser desto mehr hinderlich sein, je gröfser dieser Zwischenraum ist. Er heifst deswegen der schädliche Raum der Pumpe, und die Pumpe ist desto vollkommener, je kleiner dieser schädliche Raum ist. Wenn man das Pumpenventil nicht im Boden des Stiefels, sondern irgendwo in der Saugröhre anbringen wollte, so würde man hiedurch den schädlichen Raum vergröfsern, und dies desto mehr, je niedriger das Ventil in der Saugröhre angebracht würde. Der Einflufs dieses schädlichen Raums kann bei übelangelegten Pumpen so weit gehen, dafs das Wasser gar nicht bis in den Stiefel kommen kann. Die allerunvollkommenste Pumpe, würde die sein, welche ihr Ventil nicht am obersten, sondern am untersten Ende der Saugröhre bei e f hätte.

Saugpumpe.

Parent (*Recherches de Phys. et de Mathem. Par.* 1700) war der erste, welcher mit Rücksicht auf den schädlichen Raum die Gröfse der Wirkungen der Saugwerke dem Calcul unterwarf, und in acht Aufgaben davon handelte, ohne indessen die Beweise seiner Auflösungen hinzuzufügen. Die Entwickelung der Grundsätze, worauf diese Auflösungen beruhen, übernahm hernach *Belidor* (*Architect. hydraul. L.* III. *chap.* 3 §. 919 — 926.) Auch *Musschenbroeck* giebt (*Introduct. ad phil. natur. T.* II. §. 2125, *sqq.*) eine Erklärung der Effekte der Saugpumpen, welche Herr *Karsten* nebst der *Belidor'schen* vorträgt, und einige Fehler seiner Vorgänger berichtigt.

Der Einflufs des schädlichen Raums dauert indessen nur so lange, bis das Wasser den Kolben wirklich erreicht hat. Ist dieses ein Mal geschehen, so giebt alsdann die Pumpe auf jeden Zug so viel Wasser, als den körperlichen Raum des Kolbenzugs gerade ausfüllt, wofern nur nicht der Kolben schneller steigt, als das Wasser nachfolgen kann; woraus wieder neue Untersuchungen über die vortheilhafteste Geschwindigkeit der Kolbenzüge entstehen.

Da bei der jetzt beschriebenen Einrichtung der Saugpumpe der Kolben nur im Heraufsteigen Wasser hebt, im Absteigen aber blofs das gehobene Wasser durch seine Klappe gehen läfst, und also einen Stillstand veranlasset, so pflegt man gern die Kolben zweier Saugwerke so mit einander zu verbinden, dafs der eine steigt, indem der andere sinkt. Dadurch entsteht ein doppeltes Saugwerk, und man kann die Einrichtung leicht so machen, dafs die Gufsröhren beider Stiefel das Wasser in einerlei Behältnifs ausgiefsen, welches dadurch einen ununterbrochenen Zuflufs erhält.

Wenn das Gufsrohr unmittelbar über dem höchsten Stande des Kolbens liegt, wie in der Figur bei a, so ist die ganze Maschine ein blofses Saugwerk und heifst in des Bergmanns Sprache ein niedriger Satz; durch einen solchen läfst sich das Wasser niemals höher als etwa 13 Ellen über seine erste Stelle heben. Die Gröfse des Widerstandes, welchen die bei einem solchen Saugwerke angreifende Kraft zu überwinden hat, ist dem Gewichte einer Wassersäule gleich, deren Grundfläche der Grundfläche des Kolbens, und deren Höhe der Höhe des Kolbens von der Oberfläche des Wassers gleich ist. Es wird nemlich der Kolben von einer Luftsäule von oben herab so stark gedrückt, als wenn eine 32 Fufs hohe Wassersäule darüber stände, deren Grundfläche der Grundfläche des Kolbens gleich ist. Aber eben dieser Kolben leidet auch gegen die Grundfläche einen aufwärtsgerichteten Druck, welcher dem Gewichte einer Wassersäule gleich, deren Grundfläche mit

der Grundfläche des Kolbens einerlei, deren Höhe aber übrig bleibt, wenn man die Höhe von der Oberfläche des Wassers bis zum Kolben von 32 Fuſs subtrahirt. Setzt man also die Grundfläche des Kolbens = e, die Höhe desselben von der Oberfläche des Wassers = g, so ist der Druck gegen den Kolben von herab = 32. e. g. Zieht man nun diesen von jenem ab, so ergiebt sich 32 e. g — (32 — a) e. g = (32 — 32 + a) e g = a. e. g, und so stark wird der Stempel unterwärts gedrückt, mithin muſs auch die an der Zugstange ziehende Kraft eben so groſs sein, um mit jenem Drucke das Gleichgewicht zu halten.

Es treten häufig Bedürfnisse ein, zu deren Befriedigung die Höhe einer solchen Saugpumpe nicht hinreichend ist; alsdann pflegt man auf den Stiefel über a d noch ein Aufsatzrohr oder Steigerohr von ziemlichen Höhe zu setzen, an dessen obern Ende erst die Ausguſsröhre befindlich ist. Bei dem Bergbaue wird eine solche Einrichtung ein hoher Satz genannt. In einem solchen Falle wird der Kolben auſser dem Druck der Atmosphäre noch den Druck von dieser Wassersäule von oben herab leiden. Setzt man nun die Höhe dieser Wassersäule über dem Kolben bis an die Ausguſsröhre = b, so wird der ganze Widerstand, welchen die Kraft an der Zugstange zu überwinden hat, dem Gewichte einer Wassersäule gleich, deren Grundfläche mit der Grundfläche des Kolbens einerlei, und deren Höhe = a + b ist, also so groſs, als die Höhe der Ausguſsröhre über dem Wasserpaſs, wovon das Wasser hinaufgesaugt werden soll. Würde eine solche Höhe noch nicht hinreichend sein, so müssen mehrere Sätze übereinander angebracht werden, wovon ein jeder aus einem doppelten Saugwerke mit Aufsatzrohre besteht. Der untere Satz schüttet das Wasser in einen besondern Behälter, aus welchem der folgende Satz das Wasser wieder in einen zweiten Behälter hebt u. s. f. Durch dergleichen Vorrichtungen läſst sich das Wasser bis auf 200 Lachter hoch aus der Tiefe heben. Die Zug- und Kolbenstangen, welche in jedem Satze durch das ganze Aufsatzrohr hindurchgehen, sind durch die sogenannten Krumsen oder Arme an den Kunststangen fest, welche bis zur ganzen Tiefe des zu hebenden Wassers hinabreichen, und eben von den beiden Enden eines in der Mitte befestigten Balkens, der Wage, herabhängen. Beim Gange einer solchen Kunst wendet sich die Wage in der Mitte als ihrem Ruhepunkte hin und her, wodurch ihre beiden Enden wechselsweise auf- und absteigen, und den Pumpenstangen ihre nöthige auf- und niederspielende Bewegung geben. Gewöhnlich ist die Kraft, welche ein solches Kunstwerk treibt, ein durchs Wasser oder durch Winden in

Saugpumpe.

Bewegung gesetztes Rad mit einer starken eisernen Kurbel, welche mittelst einer von ihr angebrachten Stange, oder auch im nöthigen Falle mittelst so genannter Feldgestänge die Wage an beiden Enden auf und niederschiebt. Diese sogenannten Stangenkünste, sind von sehr grofsem Nutzen, nicht nur im Bergbaue, sondern auch zu anderen Absichten, welche durchaus viel Wasser erfordern, welches oft weit herbeigeschafft werden mufs. Aus dem vorhin Angegebenen ist es leicht zu beurtheilen, wie grofs die an der Maschine angebrachte Kraft sein müsse, um mit dem zu hebenden Wasser das Gleichgewicht zu halten. Freilich mufs die Kraft etwas gröfser ausfallen, wenn das Kunstwerk in Bewegung gesetzt werden soll; die Gröfse derselben richtet sich alsdann nach der Geschwindigkeit der Bewegung, dem Verhältnifse der Stiefel und der Saugröhren und der Länge der letztern. Je kleiner die Saugröhren sein können, je langsamer die Bewegung der Kolben und je weiter der Querschnitt der Stiefel im Vergleich mit dem Querschnitt der Saugröhren ist, desto kleiner ist der Ueberschufs der Kraft über diejenige, welche zum Gleichgewichte erfordert wird. Daher richtet man gewöhnlich die Saugröhren so ein, dafs der Durchmesser des Querschnitts derselben $^2/_3$ bis $^3/_4$ von dem Durchmesser des Querschnitts der Stiefel betrage. An verschiedenen Orten befindliche Kunstwerke dieser Art sind beschrieben in *Leupold's Theatr. machinar. general.* (*cap. XXIV* §. 613 *p.* 179); von *Calvoer* in den *Act. historico-chronolog.-mechanic. circa metallurgiam in Hercinia superiori*, (Th. I, Cap. II, Abth. 2 §. 3); im Bericht vom Bergbau, (Freiberg 1769, 4, Leipzig 1772, 4).

Die Einrichtungen solcher Pumpen, welche beim Aufsteigen des Kolbens nicht allein das Wasser saugen, sondern auch heben, und beim Herabgehen desselben blofs das Wasser durchs Ventil hindurchlassen, sind eigentlich vereinbarte Saug- und Druckwerke. Indessen kann auch ein Saugwerk mit einem Druckwerke so verbunden sein, dafs der Kolben blofs das Wasser sauget, und beim Niedergehen in eine seitwärts gehende Röhre hinein drückt, und solche Kunstwerke heifsen ganz eigentlich vereinbarte Saug- und Druckwerke (*Antlia suctoria simul et compressoria*, *Pompe aspirante et foulante*), Saug- und Appressionspumpen oder auch nur Druckwerke. Diese Einrichtung giebt man gewöhnlich den doppelten Druckwerken der Feuerspritzen, deren Knieröhren sich in einem einzigen Ausgufsrohre vereinigen. Um nemlich zu vermeiden, dafs beim Anfange des Wechsels der Kolben beider Druckwerke der Spritze das Ausgiefsen des Wassers auf einen Augenblick unterbrochen wird, versieht man die Feuer-

Saugpumpe.

spritze noch mit einem Windkessel, einem kupfernen luftdichten Gefäfse, worin die Knieröhren beider Stiefel gehen, und mit dessen unterem Theile das Gufsrohr verbunden ist. Das in diesen Kessel getriebene Wasser drückt die Luft in dem obern Theil desselben zusammen, und diese prefst alsdann vermöge der Elasticität das Wasser zur Gufsröhre hinaus. 1)

Eine der gröfsten Maschinen, welche je aus vereinbarten Saug- und Druckwerken angelegt ist, ist die zu Marly, welche *Leupold* (*Theatrum machinar hydraul. Th. I, cap.* 12, *Th. II, cap.* 10), *Belidor* (*Architect. hydraul. Buch III, cap.* 3, §. 870 *f.*) und *Weidler* (*Tract. de Machinis hydraulicis, toto terrarum orbe maximis, Marliensi et Londinensi; Viteb.* 1733, 4.) beschrieben haben. Der König von Frankreich, *Ludwig XIV* liefs sie erbauen, um die Gärten zu Versailles, Marly und Trianon mit Wasser aus der Seine zu versehen. Sie soll mehr als 8 Millionen Livres gekostet, 1800 Arbeiter 7 Jahre hindurch beschäftigt, und an Materialien 1700000 Pfund Kupfer, eben so viel Blei, 20 Mal so viel Eisen, und 100 Mal so viel Holz erfordert haben, die übrigen zu den steinernen Pfeilern und Schwibögen der damit verbundenen Wasserleitung gebrauchten Materialien ungerechnet. Diese Maschine wird durch 14 unterschlächtige Wasserräder getrieben, welche in einen Arm der Seine hängen; diese dienen, im Ganzen genommen, dazu, um das Wasser aus dem Flusse auf den Boden eines Thurmes hinauf zu treiben, von wo es hernach in einer von Steinen aufgeführten Wasserleitung in die genannten Gärten gebracht wird. Der Behälter auf dem Boden des Thurmes liegt 502 Fufs höher, als der Flufs, und ist von ihm 614 Toisen, also 3684 Fufs weit entfernt. Der Baumeister *Rannequin*, ein Einwohner von Lüttich, der dem Minister *Colbert* durch einen gewissen *de Ville*, einem Lütticher, empfohlen war, sah ein, dafs es unmöglich sein würde, das Wasser in ununterbrochenen Leitröhren auf diese Höhe zu bringen. Daher theilte er die ganze Strecke längs der Anhöhe, welche das Wasser hinansteigen sollte, in drei Absätze. In einer Höhe von 150 Fufs über dem Flusse wurden zwei Schöpfbehälter neben einander angelegt, welche von den Wasserrädern 100 Toisen weit entfernt sind. In einer Höhe von 175 Fufs wurden zwei andere angelegt; welche 224 Toisen weit von den ersten Schöpfbehältern, also 324 Toisen weit von dem Flusse entfernt sind. Die von Mauerwerk aufgeführte Wasserleitung ist 330

1) *Von den Spritzen im Allgemeinen wird unserer Eintheilung gemäfs bei der Hydrostatik im zweiten Theile gehandelt werden.* *v. S. Ph.*

Saugpumpe.

Ruthen lang, und hat 36 Schwibbögen. Mit den 14 Wasserrädern sind nun erst unmittelbar über dem Flusse 64 Druckwerke mit zugehörigen Saugröhren verbunden, welche das Wasser aus dem Flusse schöpfen, und durch Leitröhren in die ersten 150 Fuſs hoch erhabenen Schöpfbehälter hinauf drücken. Aus diesen Behältern wird das Wasser in die folgenden Schöpfbehälter durch Druckpumpen, die von einem Feldgestänge in Bewegung gesetzt werden, hinauf gedrückt u. s. w. Hieraus wird man sich einen geringen Begriff von der Gröſse und Weitläuftigkeit dieser Maschinerie machen können, welche übrigens nach den Berechnungen des Herrn *Karsten* bei Weitem nicht die vollkommenste Einrichtung gehabt hat, und wovon auch nur ein sehr geringer Theil noch im Gange sein soll.

Für die Geschichte der Saugpumpen ist noch Folgendes ganz interessant: Im Jahre 1766 meldeten die Zeitungen, man habe zu Sevilla in Spanien die Entdeckung gemacht, das Wasser lasse sich durch ein bloſses Saugwerk 60 Fuſs hoch heben, es sei also falsch, was man seit *Galilei* glaubte, daſs der Druck der Luft nur eine Wassersäule von 32 Fuſs Höhe trage. (Vergl. B. II, p. 194 ff.)

Die Geschichte des Phänomens war folgende: Ein unwissender Brunnenmeister in Sevilla brauchte eine Wasserhöhe von 60 Fuſs, und hatte dazu einen gewöhnlichen niedrigen Satz gebauet, aber mit einem Saugrohre von 60 Fuſs Höhe versehen. Als die Pumpe zu spielen anfing, wollte kein Wasser in den Stiefel laufen. Der Meister aus Unwillen und Zorn hieb mit dem Beile in das Saugrohr. Dadurch entstand 10 Schuh über der Wasserfläche ein kleines Loch, und siehe, das Wasser trat nun augenblicklich in den Stiefel. Die Erscheinung machte anfangs viel Aufsehen, weil sie nicht allenthalben gehörig mit allen Umständen erzählt wurde. Als *le Cat* und *Nollet* aber von dem Vorfalle die gehörige Erkundigung eingezogen hatten, machten sie den Versuch ohne Schwierigkeit nach, und gaben eine richtige Erklärung desselben (*Mém. de Mathem. et de Phys. de l'Academ. Paris.*, *an.* 1766, *p.* 431 f.). Diese Erklärung ist so leicht gefunden, daſs sie sich jedem Naturforscher von selbst aufdringen muſs. Setzen wir Taf. XXI, Fig. 1 sei das Saugrohr, g e h f 60 Schuh hoch, so wird es sich durch das Spiel der Pumpe 30 bis 32 Schuh hoch mit Wasser füllen, über diesem Wasser wird luftleerer Raum oder vielmehr sehr dünne Luft bleiben. Höher aber wird das Wasser nicht steigen, weil es in dieser Höhe schon den Druck des Luftkreises aufhebt. Nun öffne man ein Loch 10 Schuh hoch über l m, so fällt das Wasser unter dem Loche wieder bis l m zurück, über h aber

Saugpumpe.

stehet noch 20 bis 22 Schuh hoch Wasser, das luftleeren Raum über sich hat. Dieses kann der durch h eindringenden Luft nicht mehr das Gleichgewicht halten. Wenn also das Saugrohr eng genug ist, daſs die Luft dieses Wasser nicht zertrennen, und in Blasen durch die ganze 22 Schuh hohe Säule durchsteigen kann, so hebt sie diese Säule. Weil nun die Säule nie höher, als 22 Schuh, und in dem obern weitern Theile des Saugrohs selbst noch kürzer wird, so dauert dieses Heben fort, bis die ganze Wassersäule in den Stiefel getrieben ist, und sich das Saugrohr von unten her durch das Loch ganz mit Luft gefüllt hat.

Es ist indessen diese Erfindung zu der Saugpumpe nicht brauchbar, denn, ob es gleich wahr ist, daſs, wenn man das Loch wieder verschlieſst, und aufs Neue so lange pumpt, bis das Wasser wieder 32 Schuh hoch über m steht, und fast alle Luft aus dem Saugrohr heraus gezogen ist, die Wiedereröffnung des Loches das darüber befindliche Wasser zum zweiten Mal in den Stiefel treiben würde, so würde dennoch der Erfolg die Mühe keineswegs belohnen; denn wie lange würde nicht jedes Mal das vergebliche Pumpen dauern, da die Maschine hiebei gerade wie eine Luftpumpe wirken muſs; und wie wenig Wasser würde man jedes Mal erhalten, da das Saugrohr so eng sein muſs, daſs sich Wasser und Luft darin nicbt ausweichen? Denn sobald sich die Luft bei h den Weg durchs Wasser frei macht, so kommt blos Luft in den Stiefel, und das Wasser des Saugrohrs fällt durch seine Schwere wieder nach l m zurück.

(Ueber die Saugpumpe kann man vergleichen: Karsten's Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Th. V, Hydraulik. XVII — XIX, Abschnitt; *Brisson's Diction. raison de Phys. Art. Pompe aspirante*; Gehler's phys. Wörterb. Th. III, Art. Saugwerk, und Th. I, Art. Druckwerk z. Theil; Fischer's phys. Wörterb. dieselben Art.; Hube's vollständiger und faſslicher Unterricht in der Naturlehre, B. I, Leipzig 1801, p. 346 ff.)

Wirz'sche Spiralpumpe. — Eine sehr sinnreiche Anwendung des Luftdrucks auf das Wasser zu Pumpenanstalten.

Die Pumpe wurde 1746 von *Andreas Wirz*, Zinngieſser in Zürich, erfunden und ausgeführt. Dieser baute sie in der Limmat zum Behuf einer Färberei, erregte aber keine besondere Aufmerksamkeit damit. Volle zwanzig Iahre hindurch wuſste man nichts weiter davon, als einige Worte, welche in einem Briefe an den Berliner Akademiker *Sulzer* enthalten waren, der sich in dem ersten, 1754 zu Zürich herausgekommenen, Bande der neuesten Sammlungen vermischter Schriften befindet. 1766 fand sie

Wirz's Spiralpumpe.

sie Herr *J. H. Ziegler* von Winterthur werth, bekannter zu werden, und gab im dritten Bande der Abhandl. der naturforschenden Gesellschaft zu Zürich eine Beschreibung davon. Nachher rückte *Daniel Bernoulli* eine ihre Kräfte schätzende Abhandlung über sie in die Petersburgische Commentarien für 1772 ein, und schlug Verbesserungen an derselben vor. *Malyn Baily* nahm ihre Beschreibung auch in sein Werk: *Machines and Models contained in the Repository of the Society for the encouragement of Arts, p.* 151, *Lond.* 1776, auf. Zu Florenz wurde sie errichtet. Als man, um den durch sie zu erhaltenden Vortheil schätzen zu können, hier im Jahre 1779 einen öffentlichen Versuch nach gewissen Verbesserungen des Herrn *Bernoulli* anstellte, war der Erfolg, daſs man in 2 Minuten 47 $1/_{21}$ Kanne Wasser etwa 100 Fuſs hoch hob. Hierauf lieſs der Senator *Lorenzo Ginori* eine Maschine dieser Art bauen, welche ihr Wasser fast auf eben die Höhe brachte. Der schwedische Direktor *Iohann Alströmer* sah die florentinische, und brachte nicht nur eine Beschreibung, sondern auch ein Modell davon nach Schweden. Eine Nachricht davon, und vom wirklichen Baue, enthält die Götheborgische Monatschrift: *Samling of Rön och Uptäkter* u. s. w. für December 1781. Auch trug der Baron *Clas Alströmer* einem gewissen Herrn *Nicander* auf, *Bernoulli's* vorerwähnte Abhandlung ins Schwedische zu übersetzen. Eben dieser Herr *Nicander* gab auch eine kurze Beschreibung der Pumpe, und eine Exposition ihrer Wirkungsweise (die er Theorie nennt) in den *Kongl. Svensk. Vetensk. Acad. nya Handling för år* 1783.

§. 2. Als *Wirz* die Maschine einrichtete, bestand sie aus einem schneckenförmigen Rade, Fig. 2, Taf. XXI, A B, das inwendig einen Spiralgang hatte, etwa wie eine Uhrfeder, die in ihrem Gehäuse losgegangen ist. An beiden Seiten befanden sich Boden, welche die Spirale bedeckten, und durch den Mittelpunkt, lothrecht auf die Ebene des Rades ging eine Welle C D, die an dem sichtbaren Ende, bis an des Rades Mittelpunkt, hohl war, und da eine Communicationsöffnung gegen den Spiralgang hatte. Aussen ging dieses hohle Ende der Axe über das Ende D E einer gekrümmten Pumpenröhre, wie eine Nabe über eine Axe. Das andere Ende der Welle auf der andern Seite war dicht, und ruhete auf einer abgesonderten Unterlage. Das Rad hatte auch eine Oeffnung O im Umkreise, wo der Spiralgang ausging, und lag übrigens mit einem Theile des Umkreises unter Wasser, so, daſs die Welle der Wasserfläche parallel war. Wenn man nun das Rad umdrehete, schöpfte es jedes Mal Wasser und Luft, welche

Wirz's Spiralpumpe.

beide Substanzen sich mehr und mehr dem Mittelpunkte näherten, und durch das hohle Ende der Axe in die Pumpenröhre gingen. Nachdem nun daselbst das Wasser sich an zu häufen, und auf die zwischenliegende Luft zu drücken angefangen hatte, fing ihrer Seits auch die Luft an, auf das Wasser zurück zu wirken, und nach und nach es in die Höhe zu treiben, auch endlich zur Mündung der Pumpenröhre heraus, aus der sie zuletzt auch selbst herausging. Die Spiralgänge im Rande waren ohngefähr von gleicher Weite, vom Anfange bis zum Ende, damit die Zusammendrückung gegen den Mittelpunkt nicht zu stark würde, und das Wasser nicht zurück aus dem einen in den andern träte, und so wieder da heraus liefe, wo es hinein kam.

Durch diese Anstalt erhielt demnach *Wirz* einige, jedoch nicht sehr beträchtliche, Erhebung des Wassers. Die Einrichtung zu verbessern, schlug *Bernoulli* eine Schlange, wie sie die dritte Figur (Taf. XXI) darstellt, vor. Diese Abänderung wurde auch bei der Florentinischen Maschine befolgt, und macht wirklich eine beträchtliche Verbesserung in Hinsicht auf Wirkung und Zusammenfügung. Denn 1) lassen sich die Schlangenwindungen in so grofser Anzahl, und mit so grofsen Durchmessern, als man es für gut findet, anbringen, ein Vortheil, welcher bei *Wirz's* Vorrichtung wegfiel; 2) läfst sich das Wasser hiedurch viel höher heben, 3) kann der Handwerker die Schlange viel leichter und vollkommener verfertigen, als das Spiralrad, 4) sind Risse und Oeffnungen darin leichter zu entdecken und auszubessern.

§. 3. Bei D ist ein wasser- und luftdichtes gekrümmtes Rohr so angesetzt, dafs das Stück D S fest steht, indem P D mit der Axe A P umgedreht wird.

Die vierte Figur (Taf. XXI) zeigt den Durchschnitt dieses Rohrs, wie ihn Herr Director *Alströmer* im Modelle nach einer italienischen Erfindung gegeben hat. Es scheint eine äufserst dienliche Vorrichtung zu sein. e e ist ein an das Stück D S gelötheter Ring oder Zunge; d d ein loser Ring um das Stück D S; f f ein Ring an das bewegliche Stück P S festgelöthet; g g Schrauben, welche durch die Oeffnungen f f in den Ring f f geschraubt werden, wenn man das ganze gekrümmte Rohr zusammensetzt. Damit alles dicht genug wird, belegt man die Ringe d d, f f, mit Leder. Während der Bewegung folgen die Ringe d d, f f, erwähntermafsen zusammen geschraubt, dem beweglichen Stücke P S, aber die Zunge e e steht still. Bei P, Fig. 3, geht die Schlange in der Nabe P D; u u u sind

Wirz's Spiralpumpe.

Arme, welche die Schlange unterstützen. E E das Wasserbehältnifs, in welchem die Maschine geht. Man mufs es gehörig mit Wasser gefüllt erhalten. F G H ein vertikaler Durchschnitt des Gefäfses nach der Welle A P; F I ist in der Wasserebne. Q eine Kurbel, stellt hier vor, wie die Maschine gewöhnlich in Bewegung gesetzt wird. S R die Pumpenröhre. Hat die Maschine ihren gleichförmigen Gang, so sind die Bogen Z O K voll Wasser, und Z L K voll Luft; beide Substanzen in der Stellung, dafs ihre gemeinschaftlichen Grenzen in Z und K sind.

§. 4. Die Wirkung der Maschine beruht auf dem Effect der zusammengedrückten Luft. Nachdem das Wasser während der Bewegung durch alle Schlangengänge bis an die Pumpröhre gegangen ist, fängt es da an sich zusammen zu häufen, und auf die im Anfange mii eingeschöpfte und jetzt zwischenliegende Luft zu drücken, welche ihrer Seits theils rückwärts, theils auf das Wasser drückt, welches im letzten Gange befindlich ist, so, dafs dieses nach B, Fig. 3 zu steigen anfängt. Läge die Welle der Maschine P A in der Wasserfläche, so, dafs Wasser und Luft gleiche Räume einnähmen, und wären alle Gänge gleich weit, so würde auch die Luft im Anfange überall 180 Grad einnehmen, und befände sich im natürlichen Zustande. Nachdem sich aber erwähntes Aufsteigen nach B. ereignet hat, so ist nothwendig, wenn ein Gleichgewicht entstehen soll, dafs ein Theil Wasser, der sich in der horizontalen Röhre S P und dem Bogen P O B befindet, in den Halbkreis B Z O zurück geht, und da den Raum für die Luft vermindert, welche wieder, in dem Maafse, wie sie zusammengedrückt wird, auf das zunächst nachkommende Wasser im nächsten Gange wirkt, und so abwechselnd beide Materien eine auf die andere, den ganzen Weg durch. Dadurch steigt das Wasser immer mehr und mehr in der Pumpenröhre, und das Wasser in den Schlangengängen, welches durch den Uebergang, nun und allezeit da mehr als 180 Grad einnimmt, wird aus einer horizontalen Stellung in eine schiefe gebracht, so, dafs der Wasserbogen an der einen Seite gröfser wird, als an der andern, und das in jedem Gange. Der gröfste Unterschied zwischen beiden Bogen, den man sich vorstellen kann, ist, wenn das Wasser an einer Seite den ganzen Halbkreis O K B einnimmt, und bis B aufgestiegen ist, aber im andern Halbkreise nicht mehr einnimmt, als z. B. den Bogen O Z. In dieser Stellung hat die Maschine die gröfste mögliche Wasserhöhe in der Pumpröhre bewirkt, welche allezeit, und in allen Fällen, so viel beträgt, als die Summe aller Unterschiede zwischen den senkrechten Höhen der Wasserbogen, welche sich in den

Wirz's Spiralpumpe.

Schlangengängen auf beiden Seiten befinden, welches Herr *Bernoulli* recht gut: Drückende Wasserhöhen nennt. Die eigentliche Ursache, von der diese drückenden Wasserhöhen herrühren, ist, wie *Nicander* bemerkt, der Unterschied zwischen der eigenthümlichen Schwere der Luft und des Wassers, und nicht die Federkraft der Luft; eben die Wirkung würde auch im gehörigen Maaſse entstehen, wenn sich die Maschine an der Gränze zwischen zwei Lagen Wasser und Oel befände, und bei jedem Umgange diese flüssigen Materien schöpfte.

§. 3. Nun ist dennoch zu bemerken, daſs ersterwähnte Wasserhöhe im Pumpenrohrez war in Ansehung der drückenden Wasserhöhe die gröſstmögliche ist, aber nicht die gröſst wirkliche. Die Maschine schöpft, wie erwähnt, jedes Mal Wasser und Luft, und diese flüssigen Materien werden in die Pumpenröhre hinauf gebracht; wenn sie aber dahin kommen, geht die Luft nicht sogleich durch das Wasser hinauf, wenn die Bewegung nicht gar zu langsam ist, sondern wechselt mit dem Wasser schichtweise ab, und schleicht dazwischen, so, daſs die Wassersätze stückweis von einander gesondert sind, und dadurch höher getrieben werden, als sonst geschähe, wenn die Luft weg wäre. Es kann sich wohl zutragen, daſs sich eine Menge Luft mit Wasser vereinigt, und darin nicht so regelmäſsig sich aufhält, aber in jedem Falle bleibt sie dazwischen, und thut eben die Wirkung. Um nun zu wissen, wie viel die Gröſse dieses Aufenthalts zwischen dem Wasser beträgt, setze man die Wassersäule, die durch den Druck der Atmosphäre erhalten wird, $= A$, einen Wassersatz in der Pumpenröhre, der sich zwischen zwei Luftschichten befindet, $= a$. Der Wassersatz, der von Luft rein ist, und wenn die Welle der Maschine in der Wasserfläche liegt, ist so groſs, als der Raum der Hälfte des ersten Schlangenganges, ohngeachtet des Ueberganges, von dem vorher gehandelt ist. Der Raum eines Luftsatzes im natürlichen Zustande ist eben so groſs, oder, er beträgt so viel, als die Hälfte des Raums des ersten Schlangenganges; weil sich aber Lufträume verkehrt verhalten, wie der Druck auf sie, so ist der Luftsatz, der sich unter dem höchsten Wassersatze in der Pumpröhre befindet $= \frac{A\,a}{A + a}$, der unter dem zweiten, dritten, $= \frac{A\,a}{A + 2a} = \frac{A\,a}{A + 3a}$ u. s. w. Also die Summe aller Luftsätze $= A.\ S. = A.\ \left(\frac{a}{A + a} + \frac{a}{A + 2a} + \frac{a}{A + 3a} \cdots\right)$ Bedeutet a die Summe der Wassersätze, oder die hydrostatische Wasserhöhe im Pumpenrohre, so ist vorerwähnte Summe nach *Bernoulli's* Aus-

Wirz's Spiralpumpe.

spruch $= A.$ Log. Hyp. $\left(1 + \frac{A}{a}\right)$. Da er aber nicht deutlich angiebt, wie er diesen Ausdruck bekommen hat, so wollen wir hier den Beweis für diejenigen beibringen, welche eine Näherungsart für Summirungen dergleichen Reihen wünschen.

Der Glieder Zahl sei $= n$. Wenn man nun jedes Glied in eine Reihe verwandelt, und alle auf diese Weise entstandene Reihen zusammen rechnet, so wird der Coefficient des ersten Gliedes in die Reihe, welche die Summe ausmacht, $= n$; des zweiten $= 1 + 2 + 3 +$ u. s. w. $= \frac{\overline{n+1}.\ n}{2}$; des dritten $= 1 + 4 + 9 + 16 +$ u. s. w. $= \frac{n.\ \overline{n+1}.\ \overline{2n+1}}{6}$; des vierten $= 1 + 8 + 27 + 64$ u. s. w. $= \frac{n^2.\ \overline{n+1}^2}{4}$ u. s. f. und $S = n.\ \frac{a}{A} - \frac{\overline{n+1}.\ n.\ a^2}{2A^2} + \frac{n.\ \overline{n+1}.\ \overline{2n+1}.\ a^3}{6A^3} + \frac{n^2\ \overline{n+1}^2.\ a^4}{4A^4} +$ u. s. w. Setzt man nun

$$\frac{a}{A+a} + \text{Log.}\ \frac{\left(1 + \frac{Pa}{A}\right)}{\left(1 + \frac{Qa}{A}\right)} = 1 + P - Q.\ \frac{a}{A} + 1/2\ Q^2 - 1/2\ P^2 - 1.\ \frac{a^2}{A^2}$$

$+ 1 + 1/3\ P^3 - 1/3\ Q^3.\ \frac{a^3}{A^3} +$ u. s. w. Bringt man nun alle Glieder auf eine Seite, und setzt bei jeder Potenz von $\frac{a}{A}$ den Coefficienten $= 0$, so hat man $n - 1 = P - Q$ und $1 - \frac{\overline{n+1}.\ n}{2} = 1/2\ Q^2. - P^2$ oder $\overline{n+1}.\ n - 2 = P^2 - Q^2$, also $Q = 3/2$, $P = n + 1/2$, $S = \frac{a}{A+a} + \text{Log.}\ \frac{\left(1 + n + 1/2.\ \frac{a}{A}\right)}{\left(1 + \frac{3a}{2A}\right)}$

und $A.\ S = \frac{Aa}{A+a} + A.\ \text{Log.}\ \frac{2A + 2na + a}{2A + 3a}$, welchen Ausdruck Herr *Bernoulli* im 13 § vorerwähnter Abhandllung hat, und $= \frac{Aa}{A+a} + A.\ \text{Log.}\ \frac{2A + 2a + a}{2A + 3a}$, setzt, weil er n volle Wassersätze im Pumpenrohr annimmt, welches ihm $n a = a$ giebt. Für den Fall, da die Luft im Pumpenrohre nicht so schichtenweise zwischen dem Wasser läge, als zuvor, sondern an Statt dessen gleichförmig damit vermengt, so, daſs alles zusammen ein schaumichtes Wasser ausmachte, hat er a unendlich klein, und n unendlich groſs gesetzt, daraus erhält er im § 15, $A.\ S = A.$ Log. $\left(1 + \frac{a}{A}\right)$. Alles zusammen ist nichts weiter, als eine Annäherung an die Wahrheit, welches Herr *Bernoulli* auch selbst erkennt.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 6. Liegt die Welle etwas über der Wasserfläche, und ist die Schlange am Ende mit einem Trichter oder einer Schaufel versehen, so, daſs sie mehr Luft einnimmt, als zuvor, aber noch eben so viel Wasser, so setze man diese Menge Luft, die man allezeit wissen kann, $= b$; so verhält sich die vorige Luftmenge zur jetzigen $= a : b$, und eben das Verhältniſs bekommen auch die zusammengedrückten Luftschichten in der Pumpenröhre, also auch ihre Summe. Das ganze Einschleichen aller Luftsätze im letzten Falle ist also $= \frac{b}{a}$. A. S oder nach Hrn. *Bernoulli's* Ausdrucke $= \frac{A\,b}{A + a} + \frac{A\,b}{a}. \text{Log.}\ \frac{2\,A + 2\,a + a}{2\,A + 3\,a}$.

§. 7. Um der oben erwähnten und in den Schlangengängen befindlichen Ueberschwellung von Wasser, die vom Drucke der Wasserhöhe im Pumpenrohre herrührt, wenn die Räume der Schlangengänge durchaus gleich groſs sind, zuvor zu kommen, schlägt *Bernoulli* vor, die Räume der Schlangengänge vom Anfange gegen das Ende so zu vermindern, wie der Raum der Luft in jedem Gange, erwähntem Druck zu Folge, soll vermindert werden. Dieses läſst sich auf zweierlei Art ins Werk richten, entweder so, daſs die Schlange an Dicke abnimmt, und um einen Cylinder gewunden wird, oder auch so, daſs sie mit unveränderter Dicke um einen Kegel gewunden wird. In beiden Fällen ist die Luft im letzten Gange zusammengedrückt, und nimmt alle Mal weniger, als 180 Grad ein; der Wasserbogen ist gröſser, obgleich der Wasserraum übrigens eben der ist, wie im ersten Gange. Ferner folgt daraus, daſs die drückende Wasserhöhe in keinem Gange so groſs wird, als des Ganges ganzer Durchmesser. Stellt B O A Z, Fig. 5, einen Gang vor, dessen Raum erwähntermaſsen ist vermindert worden, C den Mittelpunkt, A C die äussere Wasserfläche, B Z den zusammengedrückten Luftbogen, B A O Z den Wasserbogen, so ist die drückende Wasserhöhe B T, entweder = 2 C B — Sin. Vers. O Z, oder = C B — Cos. B Z, nach der Gröſse von a, das oben bestimmt ist.

§. 8. Indessen darf man nicht auf die Gänge BF rechnen, wenn der Maschine Wirkung bestimmt werden soll. Der Grund davon liegt in der Maschine Bewegung um ihre Axe. Steht das Wasser bis B hinauf, so verursacht das Umdrehen des Umkreises, daſs etwas davon an die Luftseite geht, wenn die Bewegung nicht gar zu langsam ist. Das Wasser nun, welches übergeht, thut keinen Gegendruck, und folglich keinen Dienst zur Vermehrung der Wirkung. Ehe man sich also auf die Rechnung einlassen kann, wie hoch gehoben wird, muſs man Folgendes erwägen:

Wirz's Spiralpumpe.

Wie hoch steigt das Wasser im Gange A B O über den Punkt A, ehe etwas davon aus eben erwähnter Ursache zurück tritt, wenn der Maschine Bewegung oder Geschwindigkeit gegeben ist.

§. 9. Um dieses zu erforschen, kann man annehmen, das Wasser stehe beim Anfange der Bewegung an der Seite O A B, bis an den höchsten Punkt B, und die Bewegung gehe von A bis B so schnell, daſs ein Theil Wasser übergeht. Ein Theilchen, das sich z. B. in D befindet, und dem Kanal folgt, hat da von ihm ein gröſser Vermögen sich aufwärts zu bewegen bekommen, als es selbst hat, aus des Kanals Fläche bei D zu fallen; aber dem letzten Vermögen gemäſs strebt es doch, so viel es kann, dem ersten entgegen, dergestalt, daſs, wenn das vom Kanale mitgetheilte Vermögen K heiſsen, und das andere g, das es für sich hat in der Richtung des Kanals zu fallen, so bleibt für das wirkliche Vermögen aufwärts zu gehen, nicht mehr als k — g, aus Gründen, die angeführt werden sollen, Friction und den Widerstand bei Seite gesetzt, welche die Luft verursacht, die im Gange oder Kanale zusammengedrückt ist. Stellt nun D G die Schwere vor, wenn das Theilchen frei fallen könnte, und wird = 1 gesetzt, und zieht man G F senkrecht auf die Tangente an D, so stellt D F die Kraft der Schwere nach der Richtung des Kanals an D vor, daher G = D F, und weil 1 : Cos. A D = D G : D F = 1 : D F nach der Voraussetzung, so ist D F = Cos. A D, also g = Cos. A D.

§. 10. Ferner weil die Bewegung, wenn der Maschine Absicht erreicht werden soll, nicht so heftig sein darf, daſs die ganze Wassersäule Z A B dem Kanale folgt, so muſs sich ereignen, daſs, nachdem so viel Wasser übergegangen ist, als der Kanal vermöge seiner erhaltenen Bewegung mit sich führen kann, das übrige auf einer gewissen Höhe stehen bleibt, wenn die Bewegung der Maschine, wie man annimmt, gleichförmig und gegeben ist. Nun aber ist in Acht zu nehmen, daſs ein Theilchen, welches im Kanale so liegt, daſs k = g nicht folgt, weil der Kanal über dasselbe keine Macht hat, noch weniger k < g. Nur in dem Falle, da k > g, folgen die Theilchen. Die höchste Fläche der Wassersäule im Kanale bleibt also, wo k = g. Dieses sei im Punkte K, so folgt daraus weiter, vermöge des Nachstehenden, daſs g = k = Cos. A K. Da nun des Kanals Bewegung gleichförmig angenommen wird, und folglich k eine unveränderliche Gröſse ist, so folgt ferner daraus, daſs der Punkt k und Cos. A K unveränderlich sind.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 11. Soll man also die Kraft ausdrücken, mit der ein Wassertheilchen D dem Kanale folgt, so findet sich aus allen diesem 1) dafs man an Statt k — g nun Cos. A K — Cos. A D zu setzen hat; 2) dafs man Cos. A K als eine beständige Gröfse behandeln mufs, da Cos. A D veränderlich ist, wenn der Bogen A K anders von der Art ist, wie er nachher soll bestimmt werden.

§. 12. Ist nun y die Höhe, welche der Geschwindigkeit gehört, die von der Kraft Cos. A K — Cos. A. D in dem Theilchen D beim Aufsteigen erregt werden kann; ferner A D = s; und d s der Weg, den das Theilchen gleichförmig aufwärts in einer unendlich kleinen Zeit beschreibt, so hat man aus der Mechanik Cos. A K — Cos. s. d s = d y; dann, Cos. A K. s — Sin. s. = y + C, oder Cos. A K ⨯ A D — Sin. A D = y + C; aber für y = 0, kommt A D = A K, daher C = Cos. A K ⨯ A K — Sin. A K und y = A K ⨯ A D Sin. A D — Cos. A K ⨯ A K + Sin. A K.

§. 13. Ist das Theilchen D nach B hinauf gekommen, so ruht es daselbst gleichsam auf einer horizontalen Ebene, und kann nicht fallen. Statt dessen müfste es hier, nach der Voraussetzung, dafs ihm nichts im Wege ist, dem Kanale noch mit der Geschwindigkeit folgen, mit welcher er fortgeht, mit einer Geschwindigkeit, welche man immer gleichförmig annehmen kann, und die also irgend einer bekannten Höhe = h zugehören mag. Daraus erhält man oben stehende Gleichung für den Punkt B folgendermafsen: h = Cos. A K. A B — C B — Cos. A K. A K + Sin. A K = Cos. A K. (A B — A K) — C B + C H = Sin. B K. B K — Sin. Vers. B K. Die Friction hat man aus dem Grunde bei Seite gesetzt, weil sie eine eigene Untersuchung erfordert. Den Widerstand betreffend, mit welchem die zusammengedrückte Luft auf ein aufwärts gehendes Theilchen wirken kann, so ist nicht zu läugnen, dafs das Theilchen dadurch in seinem Gange gehindert wird; da es aber von der Kraft k — g beständig fortgetrieben wird, so mufs es doch endlich in den nächst vorher liegenden Gang übergehen, erwähnter Hindernisse ohngeachtet. Der Widerstand der Luft macht nichts weiter, als dafs der Gang verzögert wird, und da man hier nicht wissen will, wie lange das dauert, sondern nur, ob sich in der That ein Uebergang ereignet; und wo die Wassersäule bei gleicher Bewegung stehen bleibt, so hat man nicht nöthig befunden, gedachten Widerstand in Rechnung zu bringen. Uebrigens hindert die Luft nicht, dafs nicht die ganze Wassersäule Bewegungen und Aenderungen derselben empfindet, wenn etwas der Art vorfällt. Ihr

Druck

Wirz's Spiralpumpe.

Druck auf die Fläche Z hält das Gleichgewicht mit dem auf K, und sobald sich Aenderungen in der Stellung der Wassersäulen ereignen, hört dieses Gleichgewicht nicht auf, sondern wird nur nach den Umständen eingerichtet.

§. 14. Nun ist aber zu merken, daſs man, da h = Sin. B K. B K — Sin. Vers. B K unter der Voraussetzung annimmt, daſs der Halbmesser des Ganges oder C B = 1. Im Folgenden ist nöthig h in einer Function von B H oder Sin. Vers. B K auszudrücken. Man setzt deswegen Sin. Vers. B K = x und C B = r, da bekömmt man Sin. B K = $\sqrt{2rx - x^2}$,

$$d(BK) = \frac{r\,dx}{\sqrt{2rx - x^2}} = \frac{r\,dx}{\sqrt{2rx}} \cdot \overline{1 - \frac{x}{2r}}^{-1/2} = \frac{r\,dx}{\sqrt{2rx}} \cdot \left(1 + \frac{x}{4r} + \frac{3x^2}{2.4^2.r^2}\right.$$

$$+ \frac{3.5x^3}{2.3.4^3.r^3} + \text{u. s. w.} \quad BK = \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{2}} \cdot \left(2x^{1/2} + \frac{2x^{3/2}}{3.4.r} + \frac{2.3x^{5/2}}{2.5.4^2.r^2}\right.$$

$$+ \frac{2.3.5x^{7/2}}{2.3.7.4^3.r^3} = \sqrt{2rx} \cdot \left(1 + \frac{x}{3.4r} + \frac{3x^2}{2.5.4^2r^2} + \frac{3.5.x^3}{2.3.7.4^3r^3} + \text{Sin. BK}\right.$$

$$= \sqrt{2rx} \cdot \left(1 - \frac{x}{4r} - \frac{x^2}{2.4^2.r^2} - \frac{3x^3}{2.3.4^3.r^3}\right. \text{Sin. BK. BK} = 2rx. \left(1 + \frac{x}{3.4r} +\right.$$

$$\frac{3x^2}{2.5.4^2.r^2} + \frac{3.5x^3}{2.3.7.4^3r^3} \text{u. s. w.} - \frac{x}{4r} - \frac{x^2}{3.4^2r^2} - \frac{3.x^3}{2.5.4^3.r^3} - \text{u.s.w.}$$

$$\frac{x^2}{2.4^2.r^2} - \frac{3x^3}{2.3.4^3.r^3} - \text{u. s. w.} - \frac{3x^3}{2.3.4^3.r^3} - \text{u. s. w.}$$

$$= 2rx. \left(1 - \frac{x}{2.3.r} - \frac{x^2}{2.3.5r^2} - \frac{x^3}{3.5.7r^3} - \frac{x^4}{5.7.9r^4} - \text{u. s. w.}\right.$$

$$= 2rx - \frac{x^2}{3} - \frac{x^3}{3.5.r} - \frac{2x^4}{3.5.7.r^2} - \frac{2x^5}{5.7.9r^3} - \text{u. s. w. und } h =$$

$$\overline{2r - 1}.\,x - \frac{x^2}{3} - \frac{x^3}{3.5r} - \frac{2x^4}{3.5.7r^2} - \frac{2x^5}{5.7.9r^3}$$

§. 15. Den Werth von x durch eine Reihe von h auszudrücken, setze man $x = \mathfrak{a}h + \mathfrak{b}h^2 + \mathfrak{g}h^3 + \mathfrak{d}h^4 + \mathfrak{e}h^5$ u. s. w., das giebt $x^2 = \mathfrak{a}^2h^2 + 2\mathfrak{a}\mathfrak{b}h^3 + \overline{2\mathfrak{a}\mathfrak{g} + \mathfrak{b}^2}.h^4 +$ u. s. w. $x^3 = \mathfrak{a}^3h^3 + 3\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}\,\overline{h^4 + 3\mathfrak{a}^2\mathfrak{g} + 3\mathfrak{a}\mathfrak{b}^2}.h^5 +$ u. s. w. $x^4 = \mathfrak{a}^4h^4 + 4\mathfrak{a}^3\mathfrak{b}h^5 +$ u. s. w. und $h = \overline{2r - 1}.\,\mathfrak{a}h + \overline{2r - 1}.\,\mathfrak{b}h^2 + \overline{2r - 1}.\,\mathfrak{g}h^3 + \overline{2r - 1}.\,\mathfrak{d}h^4 +$ u. s. w.

$$- \frac{\mathfrak{a}^2h^2}{3} - \frac{2\mathfrak{a}\mathfrak{b}h^3}{3} - \frac{\overline{2\mathfrak{a}\mathfrak{g} + \mathfrak{b}^2}.h^4}{3.} - \text{u. s. w.} - \frac{\mathfrak{a}^3h^3}{3.5.r} - \frac{3\mathfrak{a}^2\mathfrak{b}h^4}{3.5.r} -$$

Wirz's Spiralpumpe.

u. s. w. $- \frac{2\,\mathfrak{a}^4\,h^4}{3.5.7\,r^2}$ u. s. w. Daher $\mathfrak{a} = \frac{1}{2r-1}$;

$$\mathfrak{b} = \frac{\mathfrak{a}^2}{3.\overline{2r-1}} = \frac{1}{3.\overline{2r-1}^3}$$

$$\mathfrak{g} = \frac{2\,\mathfrak{a}\,\mathfrak{b}}{3.\overline{2r-1}} + \frac{\mathfrak{a}^3}{3.5.r.\overline{2r-1}} = \frac{16r-3}{5.9\,r.\overline{2r-1}^5}$$

$$\mathfrak{d} = \frac{2\,\mathfrak{a}\,\mathfrak{g}}{2.\overline{2r-1}} + \frac{\mathfrak{b}^2}{3.\overline{2r-1}} + \frac{3\,\mathfrak{a}^2\,\mathfrak{b}}{3.5.r.\overline{2r-1}}$$

$$+ \frac{2\,\mathfrak{a}^4}{3.5.7.r^2.\overline{2r-1}} = \frac{2.\overline{16r-3}}{3.5.9.r.\overline{2r-1}^7} + \frac{1}{3.9.\overline{2r-1}^7} + \frac{3}{9.5.r.\overline{2r-1}^6} +$$

$$\frac{2}{3.5.7.r^2.\overline{2r-1}^5} = \frac{457r^2 - 177r + 18}{3.5.7.9\,r^2.\overline{2r-1}^7}$$ u. s. w. daher $x = \frac{h}{2r-1} + \frac{h^2}{3.\overline{2r-1}^3}$

$$+ \frac{\overline{16r-3}.\,h^3}{5.9r.\overline{2r-1}^5} + \frac{\overline{457r^2.\,177r+18}.\,h^4}{3.5.7.9r.\overline{2r-1}^7}$$ + u. s. w.

§. 16. Um nun h wirklich zu bestimmen, so, daſs man x daraus berechnen kann, muſs man sich erinnern, daſs h die Höhe ist, welche der Geschwindigkeit gehört, womit der Gang oder Kreis A B O umläuft, oder, welches ganz dasselbe ist, daſs h die Höhe ist, welche der Geschwindigkeit gehört, die ein Punkt im Umfange A B O A hat, in dem er in gegebener Zeit z. E. von B rings herum bis wieder zu demselben Punkte läuft, und wie der ganze Umfang der Weg ist, der indessen zurück gelegt wird, so findet sich bald, wie man h bestimmt. Die Umlaufszeit sei gleich t, p der Umkreis, welcher dem Durchmesser zukommt, $= 1$, und r wie zuvor, so ist 2 r p der Weg, welcher in der Zeit t mit der Geschwindigkeit $\sqrt{h}$ durchlaufen würde. Ist f die Höhe des Falles in einer Stunde, so kömmt $\sqrt{f} : \sqrt{h} = \frac{2f}{1} : \frac{2rp}{t}$, daher $h = \frac{r^2 p^2}{f t^2}$.

§. 17. Hieraus erhellet, wie man h findet, und aus Vorigem, wie man x aus h findet; aus x findet man leicht den Bogen K B oder den Punkt k, an dem sich die Wasserfläche bei gleichförmiger Bewegung hält; welchen Punkt man eigentlich bestimmen wollte.

Zu einem Beispiel diene ein zu Florenz angestellter Versuch. Dabei war $t = 9$ Sekunden und $r = 55$ Schwed. Decimalzoll. Nun ist $p = 3{,}141592$, und f in schwed. Maaſse $= 16{,}572$ Fuſs $= 165{,}72$ Zoll, so hat man

Log. $r^2 = 3{,}4807254$	Log. $f = 2{,}2193741$
Log. $p^2 = 0{,}9942996$	Log. $t^2 = 1{,}9084850$
	Log. $f t^2 = 4{,}1278591$

Wirz's Spiralpumpe.

$$\text{Log. } r^2 p^2 = 4{,}4750250$$
$$\text{Log. } f t^2 = 4{,}1278591$$

Log. h = 0,3471659, daher h = 2,224 Zoll, aber weil $x = \frac{h}{2r-1} + \frac{h^2}{3.\,\overline{2r-1}^3} + \frac{\overline{16r-3}.\, h^3}{5.\,9r.\,\overline{2r-1}^5} +$ u. s. w. So ist für das erste Glied, Log. h = 0,3471659

$$- \text{Log. } 2r - 1 = \text{Log. } 109 = 2{,}0374265$$
$$\text{Log. } \frac{h}{2r-1} = -\ 2{,}3097394$$

und das erste Glied $\frac{h}{2r-1} = 0{,}020405$ Zoll.

Für das zweite Glied

$- \text{Log. } h^2 = 0{,}6943318$ Log. 3 = 0,4771212

$- \text{Log. } 3.\,\overline{2r-1}^3 = 6{,}5894007$ $3 \text{ Log. } \overline{2r-1} = 6{,}1122795$

$\text{Log. } \frac{h^2}{3.\,\overline{2r-1}^3} = -\ 6{,}1049311$ $\text{Log. } \overline{3.\,2r-1^3} = 6{,}5894007$

daher kommt das ganze Glied = 0,000001273, so klein, daſs man es füglich weglassen kann, also noch mehr die folgende. Da demnach das erste Glied zulänglich ist, so hat man x = B H = 0,020405 Zoll.

Ferner weil r — x = 54,979 Zoll, so ist Log. Cos. B K = Log. 54,979 — Log. 55 = 1,7402015 — 1,7403627 = — 1,9998388, daher B K = 1 Gr. 33 Min. 40 Sek.

§. 18. Die Maschine kann demnach ziemlich schnell gehen, oder h ziemlich groſs sein, ehe x und B K beträchtlich werden. Beim Florentinischen Versuche sind sie sehr klein, und werden sich auch wohl bei den meisten andern Versuchen, welche man im Groſsen anstellen mögte, eben so verhalten. Es erhellt hieraus, daſs man diese Gröſsen beim Anlegen der Maschine meist unbeachtet lassen darf.

Wie viel Wasser und Luft die Maschine schöpft, wenn sie mit gegebener Bewegung den gröſsten Hub bewerkstelligt, und wie in solchem Falle die Lage der Axe in Betrachtung der äuſsern Wasserfläche beschaffen sein kann.

§. 19. Der Kreis Fig. 6 (Taf. XXI) stelle den ersten Gang vor, und man nehme an, der Bewegung zu Folge befinde sich die Fläche der Was-

sersäule in ihm bei K, auch sei K H senkrecht auf B O, so ist die gröfste drückende Wasserhöhe, welche in diesem Gange Statt findet, O H = 2 r — z. Auf diese Weise nimmt das Wasser den Bogen K A O ein, und die Luft den Bogen K E O, das Wasser um so viel weniger, als man vorhin annahm, oder als die Hälfte des Ganges, so viel der Bogen K B und die Luft mehr betragen; aber nun kommt es darauf an, wie man dieses veranstaltet.

§. 20. Reicht die äufsere Wasserfläche bis an die Welle der Maschine C, oder bis an des Ganges horizontalen Durchmesser A E, wie man bisher angenommen hat, so wird anfangs Wasser und Luft zu gleichen Räumen eingeschöpft; aber nach und nach mufs das Wasser dem Drucke zu Folge, den die hydrostatische Wasserhöhe in der Pumpenröhre durch die ganze Schlange fortpflanzt, im ersten Gange, von A, näher und näher nach K steigen, und endlich daselbst stehen bleiben. In dem Falle nun, kann, wenn der Schlangen Mündung bei E ins Wasser geht, nicht mehr Luft eingesammelt werden, als den Bogen K E füllt, und wenn diese Luft in den innern Gang kömmt, so ist ihre Menge zu geringe, allen den Raum einzunehmen, den sie in Betracht des Gleichgewichts gegen die Wasserhöhe im Pumpenrohre einnehmen sollte. Also, sowohl dem Drucke, als der Bewegung zu Folge, mufs das Wasser im innern Gange bis B steigen, da übertreten, und im nächsten Gange, wo Luft mangelt, allen den Raum einnehmen, den sie füllen sollte. Auf diese Weise läuft das Wasser von einem Gange zum andern über, durch die ganze Schlange, weil der Luftraum überall nicht so grofs ist, als er sein sollte. Daher füllt das Wasser in allen Schlangen immer gröfsere und gröfsere Theile des Umkreises, und die drückenden Wasserhöhen werden vermindert, folglich der Hub in eben dem Maafse, bis sich ein Gleichgewicht einfindet, da zuletzt der Hub weit kleiner ist, als im Anfange, und als er sonst sein könnte.

§. 21. Man mufs also die Einrichtung so machen, dafs kein Mangel an Luft entsteht. *Wirz* sowohl, als derjenige, welcher die Maschine zu Florenz aufstellte, haben diese Nothwendigkeit eingesehen, und deshalb die Maschine so erhöhet, dafs die Welle einen beträchtlichen Theil des Halbmessers der Gänge über der äufsern Wasserfläche lag. Um aber auf der andern Seite nicht in der Menge des gehobenen Wassers zu verlieren, hat der erste an der Oeffnung seines Schneckenrades eine Schaufel angesetzt, und der andere ans Ende seiner Schlange ein Horn, so grofs, dafs sein Raum nebst dem Raume des Schlangenbogens, der vom ersten Gange während des Einschöpfens nebst dem Horne unter Wasser sein kann, ohn-

Wirz's Spiralpumpe.

gefähr so viel beträgt, als der Raum des ersten Ganges, damit die geschöpfte Wassermenge, wie man glaubte, diesen Raum gleich füllen sollte.

§. 22. Die Vorrichtung mit dem Horne ist zwar wohl das einzige Mittel, Luft und Wasser beide in hinlänglicher Menge zu bekommen, aber alle erwartete Wirkung erhält man doch nicht, wenn erwähntes Horn nicht länger und gröfser wird, als man es zu Florenz genommen zu haben scheint. Sich davon zu überzeugen nehme man den Fall an, der bei dieser Maschine Statt findet, nemlich, dafs die äufsere Wasserfläche etwas unter der Welle ist; und zu dieser Absicht kann A B E O Fig. 5 (Taf. XXI) den ersten Gang vorstellen; V V′ die äufsere Wasserfläche, und Q R S das Horn, welches ohngefähr so lang sein mag, als der vierte Theil vom Umkreise des Ganges, und so viel Raum enthalten, als der halbe Gang. Nimmt man nun an, die Maschine sei in ihrer völligen Wirkung, und betrachtet die Bewegung während eines ganzen Umlaufs, und zuletzt in der Lage, da das Horn auf dem Wege ist, bei V ins Wasser zu gehen, und das Ende davon, oder der Punkt Q ein Stück von B vorwärts gerückt ist, so ist da so viel Luft eingegangen, als für dieses Mal geschehen kann; die Menge derselben heifse der folgenden Betrachtung wegen L.

§. 23. Ist das Horn weiter nach O gekommen, (Fig. 7.) so ist die Luftmenge L in engere Gränzen gebracht, als ihre natürlichen sind, folglich ein wenig zusammengedrückt, daher drückt sie auf diese Gränze, so viel sie kann; aber die Gränze in K, oder *die Fläche* der vorher eingeschöpften Wassersäule kann nicht weichen, weil sie im Gleichgewichte mit der hydrostatischen Höhe im Pumpenrohre ist, also von einer gröfsern Kraft getrieben wird, auch beugen sich die Wände der Schlange und des Horns nicht; dazu ist die eingeschlossene Luft nicht stark genug; es ist also nur das von Neuem ins Horn gekommene Wasser, welches der Gewalt der Luft weichen mufs. Doch läfst es nicht gröfsern Raum, als das Gleichgewicht verstattet. Ist m n die Wasserfläche im Horne, und wird diese Linie bis an des Hornes vertikalen Durchmesser B O verlängert, auf den sie senkrecht sein kann, so sinkt m n nicht tiefer, als bis die Wasserhöhe Z l, zugleich nebst der Atmosphäre, mit der innern Luft im Gleichgewicht ist. Ist also $Z\,l = y$ und A wie oben die Wassersäule, die durch den Druck der Atmosphäre erhalten wird, w = dem Raume K E m n L′, indem sich die eingesperrte Luft befindet, so kömmt $A + y : A = L : w$; und $w = \frac{A.\,L}{A + y}$.

Wirz's Spiralpumpe.

§ 24. Wenn des Hornes Mündung in V gekommen ist (Fig. 8, n. 1, Taf. XXI), so ist alles Wasser geschöpft, das sich für das Mal schöpfen läfst, und wenn Z O da noch gröfser ist, als y = Z l, so befindet sich m n über O; ist Z O = y (Fig. 8, nr. 2, Taf. XXI), so ist m n in einem Horizonte mit O, und die ganze Luftmasse w nimmt den ganzen Raum K E O n K' ein, ist sie aber mit diesem Raume nicht zufrieden, sondern verlangt einen gröfsern, oder, will Z l gröfser werden, als Z O, so geht so viel Luft fort, bei O vorbei, durch die Mündung des Horns hinauf, als sich nicht innerhalb des Wasserpasses mit dem Punkte halten kann, und dieses Fortgehen ereignet sich alle Mal, wenn das Gewicht A + y zu klein gefunden wird, oder $\frac{A.L}{A+y}$ zu grofs gegen w, bis dafs Q' oder das Ende des Horns nach O kömmt.

§. 25. In der letzterwähnten Lage, wenn Q' in O ist, Fig. 9, findet man 1) da eine Menge Luft fortgegangen ist, dafs L nicht so grofs sein kann, als im Anfange, 2) dafs die zurückgebliebene Luft nun in der gleich weiten Schlange eingeschlossen ist, also keine Zusammendrückung mehr wegen des abnehmenden Raumes des Horns leidet. Hieraus folgt demnach, dafs keine Luft, wenn auch l in O ist, nachdem Q dahin gekommen ist, weiter Platz macht, sondern im Gegentheil, wenn die Oberfläche des geschöpften, und nun während der Bewegung von der Mündung des Horns hineingegangenen Wassers durch XX' vorgestellt wird, welche bis Y verlängert ist, so ereignet sich, weil Y l, welches jetzt die drückende Wasserhöhe oder = y ist, beständig wächst, bis sie H l (Fig. 10) wird, dafs der Punkt während dieses Wachsthums rückwärts von O geht. Nennt man L' den Raum im natürlichen Zustande der zurückgebliebenen Luft, nachdem alles Fortgehen aufgehört hat, y' die drückende Wasserhöhe, welche in dem Augenblicke Statt findet, da Q in O gekommen ist (Fig. 9) und v = dem Raume der Schlange K E O n K', so ist $v = \frac{A.L'}{A+y'}$; nun aber ist L' eben so grofs, nachdem y' = H l geworden ist, als da y = y' war, wenn man also w = u setzt, wo y = H l ist, welches H heifsen mag, so folgt, weil $u = \frac{A.L'}{A+H}$, und $\frac{A.L'}{A+H}$ kleiner ist, als $\frac{A.L}{A+y'}$, dafs auch u kleiner ist, als v.

Auf diese Weise, weil der Punkt K bei einer gleichförmigen Bewegung unveränderlich ist, und der Schlangen Kaliber im ersten Gange überall einerlei ist, hat sich nothwendig ereignet, dafs der Punkt l, und die Ober-

Wirz's Spiralpumpe.

fläche m n sich nothwendig erhoben haben, indem y bis H gewachsen ist, woraus man sieht, dafs die drückende Wasserhöhe H I im ersten Gange nie so grofs als sie sein sollte, oder = H O wird; wenn das Horn zu kurz ist, oder so kurz, als man es jetzt angenommen hat, der Raum der Horns mag so grofs sein, als man will. Und, da die drückenden Wasserhöhen in allen folgenden und übrigen Gängen auf die im ersten ankommen, wenn keine Unordnung in der Bewegung Statt gefunden hat, so folgt daraus, dafs diese Höhen auch in solchem Falle zu klein werden, also, der ganze Hub zu gering. Man kann wohl etwas an Menge des Wassers gewinnen, verliert aber alle Mal am Hube.

§. 26. Das schwerste hiebei ist, dafs man seinen Gewinnst oder Verlust, oder das, wovon zuerst die Frage ist: die drückende Wasserhöhe im ersten Gange nicht ohne einen langen Umweg erkennt.

Bei der Betrachtung dieses Umweges mufs man zuerst den Raum des Hornes wissen, der auf mancherlei Weise beschaffen sein kann. Wir nehmen das Einfachste an, dafs des Hornes Länge in eben dem Maafse zunimmt, wie der Unterschied zwischen dem gröfsten und dem kleinsten Kaliber, auf einen Expomenten n erhoben. Z. B. wenn man folgende Aufgabe hat: U V′ (Fig. 6) der gröfste Kaliber = b, Q Q′, der kleinste = a, die Länge Q′ V′ = c, Q′ G = x, G F = y; so sei $c : x = b^n - a^n : y^n - a^n$. Ist nun hiebei des Ganges Halbmesser C G = r, C g f unendlich nahe an C G F, G F in P halbirt, der Kreisbogen P p gezeichnet, und G g = d x, so hat man C G : C P = Gg : Pp, oder $r : r + \tfrac{1}{2}\,y = dx : Pp = \frac{r + 1/2\,y}{r}.\,dx$. Nun ist aber $\tfrac{1}{4}\,p\,y^2$ des Hornes Queerschnitt durch G F, wo p : 1 des Umkreises Verhältnifs zum Durchmesser ist; nennt man also des Hornes Raum = R, so kömmt $dR = \tfrac{1}{4}\,p\,y^2\; Pp = \tfrac{1}{4}\,p\,y^2\,\frac{r + 1/2\,y}{r}.\,dx$; und weil $x = c.\,\frac{y^n - a^n}{b^n - a^n}$ auch $dx = \frac{c\,n\,y^{n-1}\,dy}{b^n - a^n}$, kömmt $dR = \frac{c\,n\,p}{4.\,r.\,\overline{b^n - a^n}}.\,\overline{r + \tfrac{1}{2}\,y}.\,y^{n+1}\,dy$,

und $R = \frac{c\,n\,p}{4.\,r.\,\overline{b^n - a^n}}.\left(\frac{r\,y^{n+2}}{n+2} + \frac{y^{n+3}}{2.\,\overline{n+3}}\right) + K$; aber für R = o ist y = a,

also $K = -\frac{c\,n\,p}{4\,r.\,\overline{b^n - a^n}}.\left(\frac{r\,a^{n+2}}{n+2} + \frac{a^{n+3}}{2.\,\overline{n+3}}\right)$ und $R = \frac{c\,n\,p}{4\,r.\,\overline{b^n - a^n}}.$

$\frac{r\,y^{n+2}\;r\,a^{n+2}}{n+2} + \left(\frac{y^{n+3} - a^{n+3}}{2.\,\overline{n+3}}\right)$; und wenn y = b, kömmt $R = \frac{c\,n\,p}{4\,r\,\overline{b^n - a^n}}.$

Wirz's Spiralpumpe.

$$\left(\frac{r\,b^{n+2} - r\,a^{n+2}}{n+2} + \frac{b^{n+3} - a^{n+3}}{2.\,n+3}\right)$$

Wenn n = 1, kömmt $R = \frac{c\,p}{4\,r.\,b - a} \cdot \left(\frac{r\,b^3 - r\,a^3}{3} + \frac{b^4 - a^4}{8}\right)$; und wenn da zugleich r unendlich groſs ist, so wird Q V′ eine gerade Linie, und $R = \frac{c\,p}{4.\,(b-a)} \cdot \frac{b^3 - a^3}{3}$, welchen Ausdruck andere schon für einen abgekürzten Kegel gefunden haben.

§. 27. Ferner muſs man den Raum des Schlangenganges wissen, welches leicht ist, denn, wenn B b (Fig. 6) des Ganges Kaliber = k ist, und in D halbirt, so ist der Querschnitt = $\frac{1}{4}\,p\,k^2$; dieser mit dem Umfange des Kreises multiplicirt, dessen Halbmesser C D ist, giebt den Raume des Ganges. Nun ist erwähnter Umkreis = $2\,p.\,(r + \frac{1}{2}\,k)$ also der Raum = $\frac{1}{4}\,p^2\,(2\,r + k).\,k^2$

§. 28. Kennt man auf diese Weise die Räume des Hornes und des Schlangenganges, und weiſs ausserdem, wie hoch das äuſsere Wasser an den Halbmessern der Gänge steht, oder die Gröſse von Z O, so weiſs man auch den Punkt V′. Setzt man nun, die Mündung des Horns sei im Punkte V′, so ist der Bogen Q′ V′ aus des Hornes bekannter Länge bekannt, und der Bogen Q′ K vermöge des Punktes K. Daher weiſs man also den Raum des Schlangenbogens K Q′, welcher zum Raume des Horns addirt, die Luftmasse giebt, die eingenommen wird, oder die Gröſse L.

§. 29. Geht nun keine Luft fort, so bleibt L unveränderlich; sonst aber nicht. Zu wissen, welches von beiden sich erreignet, betrachte man das Horn in der Stellung die Fig. 8. nr. 2 zeigt, und nehme an, der Punkt I sei in O, und man wisse den Raum K E O n K′. In dieser Absicht muſs man erst den Raum K E Q′ Q K suchen, darauf Q′ T n Q, und endlich T n O. Was nun 1) K E Q′ Q K betrifft, so findet sich, weil jetzt S der Voraussetzung gemäſs in V ist, und der Punkt V, nebst dem Bogen V Q oder des Hornes Länge bekannt sind, daſs man ebenfalls Q′ O und Q′ K′ und den Schlangenraum K E Q′ Q W wissen wird; 2) den Raum Q′ T n Q zu wissen, setze man Q′ O = e, T O = x; dieses Bogens Secante C n = X, T n = y, Q Q = a; V U = b, Q′ V = c, C O = r; so giebt die Hypothese (die über des Hornes Länge aufgestellt ist) $c : e - x = b^n - a^n : y^n - a^n$,

also $y = \frac{\sqrt[n]{((b^n - a^n).(e - x) + c\,a^n)}}{\sqrt[n]{c}} = X$ — daraus sich x findet, weil X eine Function davon ist. Ferner kann man y aus x finden, und zu-

Wirz's Spiralpumpe.

letzt, wenn man y weifs, $Q'TnQ$. 3) TnO zu finden, ziehe man Anfangs CFW, welche On in G und OT in F schneidet, nachher, weil man wie eben angeführt, OT und Tn weifs, setze man nun $OT = e$, $Tn = a$, $OF = x$, $FW = y$, $FG = z$, $TV = c$, $VU = b$, so hat man auf eben die Art $y = \frac{\sqrt[n]{(b^n - a\) . (e x) + c. a^n)}}{\sqrt[n]{}}$ und wenn $X = CG =$ Sec. x kömmt $z = X - r$. Ist ferner $FLWL$ (Fig. 8. nr. 3) ein Kreis, welcher des Horns Durchschnitt durch FW vorstellt, dessen Durchmesser $FW = y$, $LF.L$ ein Segment, das $FG = z$ zur gröfsten Abscisse hat, und P zum Schwerpunkt, so weifs man, dafs des Segments Fläche, die X' heifsen mag, $= 2 s d z. \sqrt{yz - z^2} = 2 \int dz. \sqrt{yz}. \left(1 - \frac{z}{2y} \frac{z^2}{2.2^2\ y^2} - \frac{3 z^3}{2.3.2^3\ y^3}\right.$ u. s. w.$) = \sqrt{yz} \left(\frac{z}{3} - \frac{z^2}{2.5y} - \frac{z^3}{2.2.^2 7 y^2}\right.$ — u. s. w.) und dafs FP oder $X'' = \int \frac{2 z dz \sqrt{yz - z^2}}{X'}$ woraus man sieht, weil y und z Functionen von x sind, dafs Fläche des Segments und Abstand PF, durch Functionen von x ausgedrückt werden. Wenn also die Punkte P und F, (Fig. 8 nr. 2. Taf. XXI) eben das bedeuten, wie in (Fig. 8 nr. 3) und CFP unendlich nahe an CF gezogen ist, $Ff = -dx$, $CF = r$, und Pp ein Kreisbogen, concentrisch mit Ff, von P gegen Cp gezogen, weil $CF : CP = Ff :$ Pp oder $r : r + X'' = -dx : Pp$; $Pp = -dx. \frac{r + X''}{r}$ und die Fluxion des des Raums $TnGF = -dx. X'. \frac{r + X''}{r}$, so läfst sich auch der Raum $TnGF$ durch eine Function von x ausdrücken, und wird $= - \int \frac{dx. X'. (r + X'')}{r}$, dieses Integral verbessert, und $T = o$ gesetzt, giebt den ganzen Raum TnO. Also weifs man alle 3 Räume $KEQ'QK$; $Q'TnQ$, und TOn, folglich den ganzen Raum $KEOnQK'$.

§. 30. Setzt man nun ferner in der oben angeführten Gleichung $w = \frac{A. L}{A. + y}$ (§. 25 und 26) den nun gefundenen Raum $= w$, auch $y = z o$, und wird L so grofs, als man es im §. 28 bekommen hatte, und findet sich da $w = \frac{A. L}{A. + y}$, so ist alles im Gleichgewicht, die Punkte l und m sind in O, und unter der Zeit, dafs die Mündung des Horns bis V gewandert ist, ist noch keine

Wirz's Spiralpumpe.

Luft fortgegangen, geht auch nicht weiter fort, wenn der Raum Q' O n Q zugleich so abgepafst ist, dafs der Raum K E O n Q K'' beständig so reciorat gegen das Gewicht A + y ist, wie jetzt. Würde aber diese Reciprocität von dem Augenblicke an, da l nach O gekommen ist, gestört, so dafs der Raum Q O n Q zu langsam, oder zu schnell abnimmt, indem Q nach O geht, so geht in beiden Fällen Luft fort. Findet sich w kleiner als $\frac{A. L}{A + z}$, so ist viel Luft fortgegangen, und die Menge L um so viel vermindert worden, als zum Gleichgewichte erfordert wird. Ist w gröfser als $\frac{A. L}{A + y}$, so ist der Punkt l über O und bleibt so, wofern nicht der Raum Q' m n Q so beschaffen ist, dafs der Luftraum w, einmal ehe Q nach O kommt, dem Raume K E O n Q K' gleich wird.

§. 31. Hieraus möchte scheinen, als sollte man das Horn so bilden, dafs es zuerst und vornemlich gehörige Luft einnähme, und dann, dafs so eine Reciprocität als eben erwähnt ist, zwischen A + y und w; oder dem Raume K E m n Q K beständig beibehaltan würde, von dem Augenblicke da l einmal nach O gekommen ist, bis auch Q dahin gekommen ist, so, dafs keine Luft vorher fortgienge, auch nachdem keine mehr fortgehn kann. Aber diese Gestalt zu suchen würde man sich unnöthig bemühen. Man sieht in allen Fällen, dafs die Wirkung einerlei bleibt, das Horn mag wie es will gebildet seyn, entweder so, wie eben jetzt beschrieben ist, oder auch von so grofser Weite, die vom Aufang bis zum Schlusse zunimmt (welches immer in unserer Gewalt ist) nemlich, dafs aus dem Raume Q' m n Q des Gleichgewichts wegen beständig etwas Luft fortgeht, von dem Augenblicke, da l nach O kommt, bis Q dahin gekommen ist. Die fortgehende Luft thut keinen Schaden, aber durch den Umstand, dafs man auf die Art, wie im vorhergehenden §§. gesagt ist, beurtheilen kann, dafs l in O ist, ehe, oder indem S nach V kömmt, und dann in O bleibt, bis Q' dahin gekommen ist, wird man in Stand gesetzt, die drückende Wasserhöhe im ersten Gange zu berechnen, wie gleich weiter zu sehen ist.

§. 32. Im Falle, da Luft fortgeht, hat man in der Gleichung $w = \frac{A. L}{A + y}$ drei unbekannte Gröfsen L, y, w, von denen L zuerst gesucht wird, ehe das aber geschehen kann, mufs man vorher die Wassermasse suchen, die eingeschöpft wird. Zu dieser Absicht müssen wir annehmen, was eben erwähnt, und zu erlangen möglich ist, nemlich, dafs das Horn vom Anfange bis zum Schlusse so geräumig ist, dafs l in O ist, ehe, oder indem S nach

Wirz's Spiralpumpe.

V kömmt, (Fig. 8 nr. 2) und dann in O bleibt, bis Q′ dahin kommt. Unter dieser Voraussetzung, und keiner andern, weiſs man die Wassermenge welche auf ein Mal geschöpft wird; denn 1) hat man aus §. 26 des Horns Raum V U Q′ Q; 2) aus §. 29. 2, 3, den Raum Q′ O n Q, und auf diese Weise kann man den Raum V U O′ n O wissen. 3) den Raum S V U zu wissen, zieht man C F′ W′, welche die Horizontallinie S V in G′ schneidet, die Linie des Horns O S in W′ und den Kreis O K in Fo, nachdem setze man O F′ = x, O O (welches bekannt sein kann) = a; V U = b, O V = c, C Z = e, C O = r, F′ W′ = y, und die Sekante C I durch eine Function des Bogen O F′ ausgedrückt, mag X heiſsen. Da ist C O = r : C Z = e = C I = X : C G′ = $\frac{eX}{r}$; F′ G′ = $\frac{eX}{r} - r$; O V = c : F′ O = x : : $h^n - a^n$: $y^n - a^n$ (§. 26) oder $y = \sqrt[n]{\frac{\overline{b^n - a^n}\,.\,X + a^n c}{\sqrt[n]{c}}}$, also hat man G′ F′ und y, in Functionen von x. Ist nun P′ der Schwerpunkt des Segments W′ G′ des Querschnittes des Horns durch F′ W′, so läſst sich auch W′ P′ durch eine Function von x ausdrücken, welche X″ heiſsen mag, auch die Fläche des Segments durch eben dergleichen Function, die X′ heiſsen soll. Ist nun zum Schlusse, d z ein unendlich kleiner Bogen mit dem Halbmesser C P verzeichnet, so hat man $r : r + y - X'' = dx : dz$ also $dz = \frac{\overline{r + y - X''}\,.\,dz}{r}$; folglich (§. 29. 3) V U W′ G′ = $\int \frac{r + y - X''}{r}\,.\,X''\,.\,dx$; warum aber W′ und G′ in S fallen, kömmt $\frac{eX}{r} - r = \sqrt[n]{\frac{\overline{b^n - a^n}\;x \;\; a^n c}{\sqrt[n]{c}}}$, daher man für den Fall, x in bekannten Gröſsen weiſs, und wenn man diesen Werth von x in vorhergehendes Integral setzt, nachdem es ist verbessert worden, so hat man den Raum V U S, und also V O n O′ S, oder die Menge des geschöpften Wassers.

§. 33. Kömmt nun diese Wassermenge in die Stellung X O n Q R X′ (Fig. 9) das Q in O ist, so ist sie noch so groſs als vorhin, und so hat man den Raum X O n Q R X′ aus vorhergehenden §. Nun beruht es darauf hieraus Y O, oder die drückende Wasserhöhe zu finden, die Statt hat, wenn die Luft aufhört fortzugehn.

Wirz's Spiralpumpe.

1) Vom Raume X O n Q R X′ ziehe man zu der Absicht O n Q ab, den man daher weiſs, daſs der Schlange Kaliber O Q = k in P halbirt, und mit C P der Bogen P p′ beschrieben wird, der die Wasserlinie O n in p′ schneidet, da man dann O n Q = $\frac{1}{4}$ p k². P p′ hat (§. 27) und da nun X O n Q R X — O n Q bekannt ist, kann man dieses = m setzen

2) Man ziehe C F f und setze sie, schneide die Horizontallinie X X′ in G, so, daſs der Raum F G X = f G X′ wird, so hat man P O Q R f = X O Q R X′ = m

3) Setze man S′ U = b, O Q = a, S′ O = c′ und F O = x, so kömmt $F f = \sqrt[n]{\left(\frac{(b^n - a^n) x + a^n c'}{\sqrt[n]{c'}}\right)}$, nach dem angenommenen Verhältniſs §. 26; 29, 32, und diesen Ansdruck an Statt b, in den Werth des Raumes des Horns §. 26 gesetzt, und m an Statt H, auch x an Statt o, so weiſs man daher x oder O F, und auch aus x nachher F f. Aber wir sehen doch

4) dieses x noch einige Zeit als unbekannt an, und an Statt dessen O X und T X als bekannt, obgleich diese Gröſsen eigentlich die sind, welche man sucht. Diesem zufolge setzen wir O X = c, T x = b, C Y = e F f = y, und da I O Tangent an O ist, so ist C I des Bogens F O Secante, läſst sich also durch eine Function des Bogens F O ausdrücken, die X heiſsen mag, dadurch bekömmt man $C G = \frac{C I.\ C Y}{C O} = \frac{X e}{r}$ und C G — $C F = G F = \frac{e X}{r} - r$; auch ist (nach unserer Voraussetzung) y oder F f = $\sqrt[n]{\left(\frac{(b^n - a^n).\ x + a.^n c.}{\sqrt[n]{c}}\right)}$, so hat man y und G F durch x. Ist nun P′ des Segments G F der Section F f Schwerpunkt, so läſst sich auch F P′ wie im 29. § durch x ausdrücken, diese Function mag X′ heiſsen. Aus Allem zusammen bekömmt man wie im 29. §. den Raum $F G X = \int \frac{r + X''}{r} . X'. d x.$

5) Was den Raum X G f T betrifft, so bestimmt man ihn nach §. 32. Ist P″ des Segments f G. Schwerpunkt, Q′ = f P″ Q = der Fläche des Segments f G, da hat man wie dort den Raum $X G f T = \int \frac{r + y - Q'}{r} . Q\, d x$, in welchem Integrale Q′ und Q Functionen von x sind. Wenn f und G auf X′ fallen, werde $\frac{e X}{r} - r$ (*Mom. 4*) $= \sqrt[n]{\left(\frac{(b^n - a^n).\ x + a^n c.}{\sqrt[n]{c}}\right)}$ daraus bekömmt man einen Werth von x; setzt man den in das nächste angegebene

Wirz's Spiralpumpe.

Integral, nachdem man solches verbessert hat, so giebt sich der Raum XX′T durch einen Ausdruck der U heifsen mag.

6) Nachdem man auf diese Weise die Räume XX′T, XGfT, FGX, durch gewisse Werthe ausgedrückt hat, so erinnert man sich aus *Mom.* 3, dafs man in diesen Werthen wirklich x und y weifs, aber dafs c, b, e unbekannt sind. Auch dafs im Mom. 2 der Raum FGX = fGX′, daher XX′T — XGfT = FGX, oder, welches auf dasselbe hinaus kömmt, dafs $U - \int \frac{r - y - Q'}{r} . Q\,dx = \int \frac{r + X''}{r} . X'\,dx$ (A). Aber aus dieser Gleichung lassen sich b und c wegschaffen, denn c = cos. OX = cos. c, und läfst sich durch eine Function von c also ausdrücken, die C heifsen mag, und was b betrifft, so hat man, dem angenommenen Verhältnifs gemäfs in Betrachtung des Horns, $c : x = b^n - a^n : y^n - a^n$. Daher $b = \sqrt[n]{\left(\frac{(y^n - a^n) . (c - a^n x)}{\sqrt[n]{x}}\right)}$ setzt man nun diese Werthe von b und c in die Gleichung A, so bleibt in derselben nur noch c unbekannt, welches man also finden kann, und endlich daraus YO den *Sinus Versus* des Bogens OX oder c, welches eigentlich die Gröfse war, welche man suchte.

§. 34. Weifs man nun YO, so ist y gegeben in der Gleichung $w = \frac{A. L}{A + y}$, für den Augenblick, da die überflüssige Luft aufhörte fortzugehn. Nun weifs man auch nach §. 27 den Schlangenraum KEOnK′, der für diesen Augenblick = w ist. Auf diese Weise hat man auch $L = \frac{w. (A + y)}{A}$ für diesen Augenblick, und da diese Gröfse nachher für alle drückenden Wasserhöhen beständig bleibt, die gröfser als YO werden, so gilt sie auch für den Fall, da y = Hl Fig. 10.

§. 35. Sucht man mit der anfangs eingenommenen Luft = L, und einem y = ZO (Fig. 8, nr. 2) u. vermöge der Gleichung $w = \frac{A. L}{A + y}$, und vergleicht dieses w mit dem Schlangenraume KEOnK′ (Fig. 9) und findet dafs w so grofs oder kleiner als dieser Raum ist, so ist dies ein Zeichen, dafs keine Luft weiter fortgeht, und diesem zu Folge hat man L sogleich bestimmt.

§. 36. Auf diese Weise weifs man allezeit, auf wie viel Luft man rechnen mufs, es sei nun welche fortgegangen oder nicht. Für den Fall also, da man die Gleichung $w = \frac{A. L}{A + y}$ anwenden will, Hl Fig. 10 zu finden, bleiben nicht mehr unbekannte Gröfsen zurück als w und y. Nun aber ist zu merken, dafs, wenn der Schlangenkaliber k (§. 27) = OO in P

Wirz's Spiralpumpe.

halbirt wird, und der Kreisbogen $P p' D$ mit dem Halbmesser $C P$ beschrieben, und da es alle Mal möglich ist, ihn zu wissen, $\mathfrak{b}$ genannt wird, und der Bogen $P p' = z$, so hat man die Räume $K' n O' O m K' = {}^1/_4\, p k^2 . \mathfrak{b}$ (§. 27), $n O' O m = {}^1/_4\, p k^2 z$, und wenn $y = H l$, ferner $C P = r$, und $H P$, welches auch alle Mal bekannt sein kann, $= d$, so ist $P l = d - H l = d - y$. Aber nach §. 14 ist $z = \sqrt{2 r\, \overline{d - y}} \left(1 + \frac{d\ y}{3.\ 4 r} + \frac{3.\ \overline{d - y}^2}{2.\ 5.\ 4^2\ r^2} + \text{u. s. w.}\right)$ also w oder $\frac{A.\ L}{A + y} = {}^1/_4\, p k^2 . \mathfrak{b} - {}^1/_4\, p k^2 . \sqrt{2 r . \overline{d - y}} . \left(1 + \frac{d - y}{3.\ 4 r} + \frac{3.\ \overline{d - y}}{2.\ 5.\ 4^2\ r^2} + \text{u. s. w.}\right)$ daraus läſst sich endlich die noch allein unbekannte Gröſse y oder die lang gesuchte $H l$ bestimmen.

§. 37. Aus Allem was von 26 §. her angeführt worden, sieht man, wie viel Umwege erfordert werden, die drückende Wasserhöhe im ersten Gange genau zu berechnen, wenn das Horn zu kurz ist. Sonst mag der Raum sein, wie er will. Hier ist die Rechnung nicht auf das Genaueste ausgeführt, sondern nur der Entwurf angezeigt, weil dieses hinlängliche Erläuterung giebt, jenes aber, zur gröſsten Genauigkeit getrieben, von geringem Nutzen wäre, und nur diente, die Ansicht von der Wirkung der Maschine mit den wenigen Versuchen zu vergleichen, welche schon angestellt sein können, welche Vergleichung sich doch beim ersten Florentinischen nicht machen läſst, weil man hier Raum und Länge des Horns nicht weiſs. Bei späteren Versuchen wird wahrscheinlich das Horn so gemacht worden sein, daſs bei der Wirkung desselben so wenig Nachtheil und so viel Vortheile als möglich entstehn. Dann kann es mit dem was hier angeführt ist, über diesen Punkt genug sein.

§. 38. Nun aber ist die Frage, wie lang das Horn sein soll, die gröſste Wirkung zu erhalten, wie weit? und wie gebildet? Die Antwort ist: so lang, daſs, wenn $X X'$ (Fig. 9 und 11) in $K K$ ist, das Ende Q noch nicht an O ist, die Weite so zu nehme, wie man will, nur gröſser als der Schlange ihre, endlich die Gestalt gleichgültig, wenn sie nur nicht ungereimt ist. Alles dieses deutlicher zu machen, sei das Horn $Q R S$ (Fig. 11) etwas länger als der halbe Umkreis des ersten Ganges, so geräumig als der ganze Gang und auſserdem mit einer Mündung versehen, mit einer Schaufel $S S'$ die etwa ${}^1/_4$ vom Umfange des Ganges einnimmt, und ohngefähr so geräumig ist, als das Horn. Wenn da die Schaufel bei V' ins Wasser geht, so hat sie mehr Luft eingenommen, als nöthig ist, aber die überflüssige geht,

Wirz's Spiralpumpe.

wie man schon gesehen hat, fort, indem die Schaufel von O nach K und weiter wandert, der Punkt l kommt auch gar bald nach O], vielleicht eher, als S′ über das Wasser bei V hervorragt, bleibt auch nach dem beständig bei O, so fern der Raum Q′OnQ des Horns nur einigermaaſsen zulänglich groſs ist, so, daſs die eingeschlossene Luft in dem nach und nach abnehmenden Raume KQ′OnQK′ nicht Platz hat. So ereignet es sich, daſs ehe Q′ nach O gekommen ist, weil man das Horn länger als den halben Umkreis setzt, folglich länger als OK, und die Schaufel so geräumig als das Horn, und folglich die geschöpfte Wassermenge eben so groſs, wo nicht gröſser. Hieraus folgt weiter, ehe Q′ nach O gekommen ist, daſs die eingesperrte Luft im Raume KQ′OnQK′ wenn XX in KK ist, schon zu der gehörigen Dichte gelangt ist, vermittelst der sie mit der gröſsten drükkenden Höhe HO im Gleichgewicht steht, und wie diese Luft nachher nicht dichter werden kann, indem Q nach O wandert, und der Raum, den sie einnimmt, vermindert wird, so ereignet sich indessen, daſs noch mehr Luft fortgeht, und dieses Fortgehn macht, daſs man sicher ist, daſs der Punkt l in O ist, wenn Q dahin kömmt, und daſs man auf diese Weise auf die ganze Höhe HO rechnen kann.

§. 39. So bekömmt man die gröſste Wirkung, die sich mit einer gegebenen Bewegung erhalten läſst, und weiſs auch genau die Luftmenge, die noch eingeschlossen ist, denn man weiſs den Schlangenraum KEOnK′ = w (Fig. 12) und die drückende Wasserhöhe HO = y, also auch L, vermöge der Gleichung $\frac{A.\ L}{A + y}$ und dieses muſs man wissen, die Höhe des ganzen Hubes zu kennen, wie schon gesagt ist (§. 5, 6) und noch weiter soll ausgeführt werden.

§. 40. Nun aber könnte man erinnern, Schaufel und Horn sind zulänglich, wenn jedes so groſs ist, daſs es die nur gefundene Gröſse L hält; also sei es nicht nöthig sie so groſs zu nehmen, daſs Luft fort geht, da man genau weiſs, wie viel Luft nöthig ist; auch brauche es eben nicht, daſs das Horn länger sei, als der Bogen OK (Fig. 11), oder daſs Q später an O komme, als der Hornraum KO mit Wasser gefüllt wird, weil die drückende Wasserhöhe da schon so groſs ist, als sie werden kann. Die Antwort hierauf ist: Nähme man des Horns Raum und Länge so knapp, so wäre auch seine Gestalt so beschaffen, daſs allemal der Raum KQ′OnQK′ = w, und der Gleichung $w = \frac{A.\ L}{A + y}$ gemäſs ist, da L auch alle Mal von beständiger Gröſse wäre, sich verkehrt ver-

Wirz's Spiralpumpe.

heilte, wie die Höhe A † y. Von dergleichen Bildung ist aber schon bemerkt worden, daſs es unnöthig ist, sie zu finden. Es hätte auch keinen Nutzen, als nur eine unbeträchtliche Ersparung an Material, weil auf diese Weise so wenig Materie zu der Maschine gebraucht wird, als möglich ist. Doch ist man gar nicht genöthigt so knapp zu sein, denn es entsteht keine Unbequemlichkeit daraus, wenn das Horn gröſser und länger gemacht wird. Dies kann also füglich geschehen, wodurch man eben die Wirkung und zugleich gröſsere Gewiſsheit erhält, daſs die drückende Wasserhöhe in der That HO wird.

§. 41. Diese Gewiſsheit zu erhalten, und unter der Voraussetzung, daſs Q noch nicht nach O gekommen ist, wenn Y in H Fig. 13 ist. Weite und Länge des Horns so zu bestimmen, daſs sein Raum nicht gar zu unmäſsig wird, dienen folgende Regeln: 1) $OQ = k$ (Fig. 12) wird in P halbirt, und mit dem Halbmesser CP der Bogen Pp′D gezeichnet, so hat man den Schlangenraum KEOnK′ $= \frac{1}{4}\,p\,k^2$, $Dp' = w$. 2). Man zieht den Halbmesser CTn Fig. 13 welcher den Kreis BQ′O in T und die Hornlinie O′Q in n schneidet; Tn nehme man nach Gefallen, nur gröſser als Q′Q und setze sie $= b$, den Raum Q′TnQ sehe man für so groſs an, als einen gewissen Theil g des Raumes $w = \frac{W}{g}$. Weiter setze man $TQ' = z$, QQ $= k$ und in der Gleichung (§. 26. Anm.) $H = \frac{c\,p}{4\,r.\,b.\,a}.\left(r.\,\frac{b^3 - {}^3}{3} + \frac{b^4 - a^4}{8}\right) = \frac{c\,p}{4\,r}.\left(\overline{r.\;b^2 + a\,b + a^2} + \overline{b^2 + a^2.\,b + a}\right)$, (B.) wo der Exponent n, der Bequemlichkeit wegen, und da dieses zulänglich ist $= 1$ soll gesetzt werden, setze man $\frac{w}{g}$, z, k, b, statt H, c, a, b, so weiſs man daraus z. 3) Man setze den ganzen Raum KQ′TnQK′ $= w$, Q′Q in q halbirt, und mit Cq den Bogen qD beschrieben, welcher $= x$ heiſse, so findet sich der Schlangenraum KBQ′QK′ $= \frac{1}{4}\,p\,k^2.\; x = w - \frac{w}{g}$ und $x = \frac{4.\,w.\,(g - 1)}{g\,p\,k^2}$. 4) Nachdem man auf diese Weise x und z weiſs, oder den ganzen Bogen KQ′T und folglich den Bogen TOK, $z : b - k =$ Bogen QTK : KS $= \frac{\text{Bog. } Q'TK.\,(b - k)}{z}$ hat, so setzt man das Horn Q′TnQ bis K fort. Den Raum KOTnRS berechnet man nach der Gleichung B. 5) Nimmt man die Schaufel SS′ so groſs als den Raum KOTnRS und ohnge-

Wirz's Spiralpumpe.

ohngefähr wie in der 14 Fig. gebildet, so, dafs sie in allen Lagen von VV′ zwischen C und O mit Wasser kann gefüllt werden.

§. 42. Wird alles dieses in Acht genommen, so erhält man alle Wirkung, die man wünsche, denn Tn mag so grofs sein, als man will, so findet man: 1) dafs überflüssige Luft eingenommen wird, und dafs der Punkt l, weil das Horn überflüssig lang ist, alle Mal in O Fig. 12 sein wird, nachdem er ein Mal dahin gekommen ist, bis Q auch dahin gelangt ist. 2) dafs das Wasser, welches die Schaufel geschöpft hat, den Raum KA On RX′ zulänglich füllt, und so, dafs die Fläche X′X in K sein wird, wenn S dahin gelangt ist, oder dafs die drückende Wasserhöhe die gröfste sein wird, die sie werden kann, oder = HO, lange ehe Q′ nach O gekommen ist. 3) Dafs weil der Raum KQ′TnQK′ (Fig. 13) den Schlangenraum KEOnK′ (Fig. 12) gleich gesetzt wird, und die drückende Wasserhöhe HO, und die eingeschlossene Luft in beiden Stellungen gleich dicht ist, so wird so viel Luft fortgehen, ehe noch Q′ nach O, Fig. 13 kömmt, als in TOn Platz hat.

§. 43. Aber aus eben erwähntem Umstande, dafs die eingeschlossene Luft in beiden Stellungen gleich dicht ist, folgt weiter, dafs man Tn ein wenig gröfser, als Q′Q nehmen mufs, ehe der ganze Raum KQ′OnQK′ gröfser wird, als der Schlangenraum KEOnK′ (Fig. 12) oder ehe man die Absicht erreicht hat, dafs noch ferner Luft fortgeht, nachdem L und zugleich XX′ nach K gekommen sind. In welchem Maafse es gleichviel ist, wie lang man TQ′ Fig. 13 nimmt, in demselben Maafse kann man sich auch ersparen, die ganze Rechnung durchzugehn, wie §. 41, Mom. 1, 2, 3, angeführt ist. Aber man mufs doch einiges Maas für den Bogen KOQ′ haben, und in dieser Absicht kann man bemerken, dafs der Bogen KOT sowohl gröfser als kleiner sein kann, als ein Halbkreis, nachdem die Punkte K und n liegen, aber nie kann er so grofs werden, als ³/₄ des ganzen Umkreises BASB. Weil es also gleich viel ist, wo Q′ zwischen T und B liegt, und ³/₄ des Umkreises KTBK eine Grenze für den Bogen KOT ist, die er nie erreicht, so kann, um der am Ende des 40 und Anfangs des 41 §. erwähnten Sicherheit willen, der Bogen KOQ′ oder des Horns Länge = ³/₄ des Umfanges des ersten Ganges, genommen werden, und KS so viel man will gröfser, als Q′Q, z. B. ³/₁₀ oder ¹/₅ von Q′Q.

§. 44. Mit dieser willkührlichen Annahme aber, weifs man den Punkt T noch nicht, und kann also zur Bestimmung der Schaufel den Raum KOTnRS nicht ausrechnen. Indessen kann man für ihn ein anderes Maas bekommen, welches etwas gleichgültig ist; z. B. wenn KC fortge-

Wirz's Spiralpumpe.

zogen wird, bis sie den Kreis O T B und die Hornlinie in den Punkten F und G trifft, so findet sich, wenn die Bewegung langsam ist, dafs sich zwar der Punkt F zwischen O und T befindet, aber dafs der Ranm K A F G R S nicht so viel kleiner ist, als K A T n R S, dafs er nicht ein Maafs für die Schaufel sein könnte. Ausserdem ist der Raum K A O n R X wirklich das rechte Maas für die Schaufel, und der Raum K A F G R S ist wenigstens so grofs, wo nicht etwas gröfser, als K A O n R X', also zeigt sich darin noch mehr Grund, der bestärkt, dafs der K O F G R S eben erwähntes Maas sein kann. Ist die Bewegung schneller, so kann sich F an der Seite von T nach B befinden, und da ist K A O F G S gröfser, als K A O T n R S, und viel gröfser, als K A O n R X', aber dieser Umstand hindert nicht, dafs noch der Raum K A O F G R S erwähntes Maas sein kann; es ist desto besser, dafs mehr Wasser geschöpft wird, als nöthig wäre, den Raum K O A n R X' zu füllen, besser, als dafs etwas fehlen sollte; denn in letzterm Falle würde Y O kleiner sein, als H O und der Anfang der Wirkung müfste nicht von S gerechnet werden, sondern von irgend einem andern Punkte, der im Horn weiter vorgelegen wäre. Das überflüssige Wasser geht wieder fort, und wird in das Gefäfs ausgegossen, sowohl hier, als in allen andern Vorfällen, theils zu Folge des abnehmenden Raumes des Horns, theils zu Folge der Bewegung.

§. 45. So hat man also ein unfehlbares Maas für die Schaufel, und auch eine bestimmte Länge für das Horn, wodurch man alle weitläuftigen Berechnungen für die Ausübung vermeidet. Wir haben nun noch in einem Beispiele die Gröfse erwähnten Maafses für die Schaufel oder des Raumes K A F G R S zu entwickeln. Wenn $\underset{\sim}{Q}\,\underset{\sim}{Q} = 5$ geom. Zoll, S K = 6,5 Zoll, und der Bogen K O $\underset{\sim}{Q}' = 3/4$ des ganzen Umfanges, so kömmt, weil $\underset{\sim}{Q}$ F : $\underset{\sim}{Q}'$ O K = 1 : 3 = F G — $\underset{\sim}{Q}'\underset{\sim}{Q}$ = 1,5; F G — $\underset{\sim}{Q}'\underset{\sim}{Q}$ = 0,5 und F G = 5,5 Zoll. Wenn auch C O = 50 Zoll = 5 Fufs, so ist der halbe Umkreis K A F = 157,08 Zoll; nun aber ist in der Gleichung §. 26 $H = \frac{c\,p}{4\,r\,(b-a)} \cdot r \cdot \left(\frac{b^3 - a^3}{3} + \frac{b^4 - a^4}{8}\right)$, H = der Raum K A F G R S, F G = a, S K = b, und der Bogen K A F = c. Werden diese Werthe in die Gleichung gesetzt, so kömmt $H = \frac{157{,}08 \cdot 3{,}14}{4 \cdot 50 \cdot 1{,}5} \cdot \left(50 \cdot \frac{\overline{6{,}5}^3 - 5^3}{3} + \frac{\overline{6{,}5}^4 - 5^4}{8}\right) = 1{,}645 \cdot \left(50 \cdot \frac{274{,}62 - 125}{3} + \frac{1758{,}1 - 625}{8}\right) = 1{,}645 \cdot (2463{,}6 + 145) = 4350$ Cubikzoll = 43,4 Kannen; so grofs wird die Schaufel für eine Schlange von vorerwähntem Maafse, wel-

Wirz's Spiralpumpe.

ches leicht zu erhalten ist; die Schaufel mag nun ein krummer Cylinder sein, der einen kleinen Bogen vom Umkreise einnimmt, oder wie G R S′ Fig. 14 gebildet.

§. 46. Ist V V′ unter O, so kann man auch Wasser schöpfen, aber die Schaufel mufs da ohngefähr aussehen, wie in Fig. 15, und zugleich von S′ nach V′ aufgeschnitten, damit wenn S″ in B ist, das überflüssige Wasser ins Gefäfs überläuft, und nicht eine Aufdämmung verursacht, welche die drückende Wasserhöhe auf einige Zeit gröfser machte, als sie sein sollte, und zugleich die Bewegung störte.

§. 47. Man kann auch Wasser schöpfen, wenn V V′ zwischen C und B ist, wofern Horn und Schaufel die beschriebene Gröfse haben. Aber sowohl in dieser Lage von V V′, als in allen andern zwischen C und O; auch unter O ereignet es sich, wenn das Horn so lang ist, als Dreiviertel des Umkreises, dafs die Schaufel ihre gehörige Wassermenge eingenommen hat, lange ehe Q nach B, Fig. 14, gekommen ist, und daraus folgt also, dafs die Wassermenge, die bei B überläuft, indem Q und S′ dahin gehen, im Horne von einem Umgange zum andern bleibt, doch nicht ohne Schaden.

§. 48. Wenn das Horn kurz ist, kann man auch Wasser in allen Lagen der Fläche schöpfen, aber alle Mal mit dem erwähnten Verluste in der Höhe des Hubes und zugleich mit einem abwechselnden Verluste, nachdem V V′ Fig. 9 abwechselt, obgleich die Bewegung ungeändert bleibt. In dem Maafse, wie sich V V′ erhebt oder senkt, in dem wird mehr oder weniger Wasser geschöpft, und in dem erhebt oder senkt sich X X′, wenn Q bei O ist. Dadurch wird mehr oder weniger Luft eingeschlossen, und man geht weniger oder mehr zurück, indem Y nach H geht. Dadurch wird die Höhe des Hubes gröfser oder kleiner, und eben das wird sich ereignen, aber in geringem Maafse, wenn man an ein zu kurzes Horn eine Schaufel setzt. Alles dieses vermeidet man, wenn das Horn die gehörige Länge hat. Man schöpft das Wasser in allen Lagen der Oberfläche mit gleicher Wirkung bei gleicher Bewegung.

Von der innern Bewegung, sowohl anfangs als bei der Fortsetzung, in der Schlange, welche durch alle Gänge gleich dick und gleich geräumig ist.

§. 49. Die Bewegung im Anfange betreffend, nachdem die Schaufel zuerst Wasser geschöpft hat, und dieses durch das Horn in den ersten Gang gewandert ist, so ereignet sich, angenommen, dafs, nach dem, was im vorigen ge-

Wirz's Spiralpumpe.

sagt ist, Schaufel und Horn so geräumig sind, als sie sein sollen und künftig immer voraus gesetzt werden: Der ganze erste Gand wird mit Wasser gefüllt werden, und dieses nicht nur wegen angeführter Weite der Schaufel, sondern auch weil es nach vorwärts keinen Widerstand giebt, der die Maschine veranlafse, das Ueberflüssige auszuspeien. Man kann sich die Sache aus der Tafel XXII, Fig. 1 vorstellen.

§. 50. Nach dem andern Umlaufe ist eben das Wasser in den andern Gang getreten, und neues Wasser hat den ersten eingenommen (Taf. XXII, Fig. 2). Wir nennen die eingenommene Wassersäule A, die zweite B, die übrigen C D u. s. w. nach der Reihe, wie sie eingetreten sind: gleichfalls die Gänge nach der Ordnung 1, 2, 3 u. s. w. Weil aber beide Mal zu viel Wasser eingeschöpft ist, und dazwischen auch zu viel Luft, so sind beide Säulen A und B so mit einander im Gleichgewicht, dafs der rechte Schenkel n′ O′ von A, und der linke K O von B, beide sich an die höchsten Punkte B′, B, erheben. Die andern Schenkel K′ O′ und N O sind, wegen zu viel eingenommener Luft sehr niedrig, und nicht viel höher, als die untersten Punkte O′ und O. Daher mufs die Wassersäule im Gange 2 nun einen viel kleinern Kreisbogen einnehmen, als da sie sich im Gange 1 aufhielt, und solchergestalt ist eine Menge ihres Wassers in den Gang 3 übergetreten. Die Säule B wird auch an Gradzahl nicht gröfser, als A jetzt ist, und auf diese Weise viel kleiner, als A im Gange war.

§. 51. Nach dem dritten Umlaufe ist der Punkt n, Fig. 3 der Säule C im untersten Punkte O; denn wenn ein Umlauf anfängt, und die Mündung der Schaufel ins Wasser geht, so ist dem Raume der Schaufel und des Horns K S gemäfs, so viel Luft eingesammelt, als etwa einen ganzen Gang in der gleichen Schlange füllen kann; dem zu Folge ist diese Luftmenge, obgleich von der gröfsten möglichen Wasserhöhe im Gange 1 gedrückt, mehr als zulänglich den Bogen K′n zu füllen, zumal da auch die Säule B mehr als einen halben Gang einnimmt; dem zu Folge mufs eine Menge Luft beim Punkte O vorbei fortgehen, aber wiederum von dem Augenblicke, da ein solcher Fortgang geschieht, sondert sich der Punkt n nicht von O, sondern bleibt da stehen. Auf diese Weise wird die drückende Wasserhöhe im ersten Gange schon beim dritten Umlaufe, und vielleicht selbst beim zweiten, die gröfstmögliche sein, so gut, als wenn die Maschine in völliger Wirkung ist. Was aber den Punkt K″ im Gange 3 betrifft, so kann der in einer Schlange, welche gleich dick ist, und deren Gänge gleich grofse Räume haben, nicht leicht bis an den untersten Punkt O′ kommen, weil sich eine Menge überschiessendes Wasser im Gange 4 nächst zuvor findet, welches Wasser, je höher es steigt, desto mehr die Luft zusammendrückt,

Wirz's Spiralpumpe.

die sich zwischen K und n′ findet, und die im natürlichen Zustande nicht mehr, als eines halben Ganges Raum in der gleichen Schlange einnehmen kann; und wenn diese Luft zusammengedrückt wird, mufs der Punkt k, nach dem Maafse der Zusammendrückung niedriger kommen, als v; dieses verursacht in diesem Gange eine drückende Wasserhöhe, welche mit der im Gange 3 zusammengesetzt, der im Gange 1 das Gleichgewicht hält, nach der Menge Luft und Wasser, welche sich in jedem Gange befindet. Auf diese Weise kann der Punkt K″ nicht nach O′ im Gange 3 niederkommen, und ausserdem, dafs sich dieses aus den Gesetzen des Gleichgewichts herleiten läfst, fand Herr *Nicander* es auch so durch Versuche in einem Modelle der Spiralpumpe bestätigt, welche zu Stockholm auf Rechnung des Baron *Cl. Alströmer* verfertigt ist; Schlange und Pumpenrohr aus zusammengesetzten gläsernen Röhren, welche ohngefähr 4 geometr. Linien weit waren. Dies Modell hatte 6 Schlangengänge, jeden zu 1 Fufs Halbmesser, und ein Horn, so lang als der Umkreis einer halben Schicht; unter den ersten Umläufen ereigneten sich alle hier erwähnten Umstände.

§. 52. Nachdem m Umläufe geschehen sind, verhalten sich die Säulen A, M, Fig. 4 (Tafel XXII) in eben der Stellung, wie A und C, Fig. 3, und nachdem die Zahl der Umläufe im Anfange ungrade oder gerade gewesen ist, so ist es entweder eine Wassersäule oder Luftsäule, welche im mittlern Gange die Schenkelenden in einer und derselben Horizontallinie hat. Aber in einer Schlange dieser Art kann sich ereignen (wenn die Zahl der Gänge gestattet, dafs viel Umläufe geschehen, ehe Wasser in das Pumpenrohr tritt), dafs die Schenkelenden von mehr Wasser und Luftsäulen zugleich in mehr Gängen, sich in einer und derselben Horizontallinie befinden, oder, welches dasselbe sagt, dafs es in den erwähnten Gängen mehr Wasserpafssäulen giebt. Man findet, dafs in diesen Gängen nicht das Geringste von Luft oder Wasser aus dem einen in den andern übertreten kann; aber in allen zusammen ist die Menge von Luft und Wasser gleich. Werden da der Umläufe so viele, oder wird die halbe Summe der drückenden Wasserhöhe in den Gängen so grofs, dafs Luftsäule und Wassersäule zusammen im mittlern Gange 360 Grad betragen, so läfst sich bei gegenwärtigen Umständen der Bewegung die Luft nicht weiter zusammendrücken; und wenn mehr Umläufe werden, wird auch der Zustand eben derselbe, in mehrern der mittlern Schichten; die Zahl der Umläufe mag gerade oder ungerade sein; folglich bleibt auch die halbe oder ganze Summe der drückenden Wasserhöhe in den Gängen dennoch eben dieselbe.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 53. Aber während dieser Art Bewegung nimmt jede Wassersäule mehr Raum ein, als einen halben Schlangengang; denn indem die Mündung der Schaufel S, Fig. 4 (Taf. XXII) ins Wasser geht, ist das Ende des Horns noch nicht beim Punkte O im Gange 1 vorbei; diesem zu Folge nimmt die Wassersäule K n mehr Raum ein, als einen halben Gang, und das bleibt selbst nachher unter den übrigen Umläufen, weil kein Wasser davon rückwärts übergehen kann, so lange alle Wassersäulen in der Spirale bleiben, wie sich aus den Gesetzen des Gleichgewichts findet. Jede Luftsäule ist zu derselben Zeit auch etwas gröſser, als wenn die Maschine in ihrer völligen Wirkung ist, weil sich der Punkt K der Wassersäule etwas senkt, wenn die nächste Wassersäule eingeschöpft wird, und diesem zu Folge so viel mehr Luft Raum bekömmt.

§. 54. Wenn die Spirale nach einer gewissen Anzahl von Gängen in eine aufwärts gehende Röhre P R Fig. 5 geleitet wird, und es mit der Bewegung dahin gekommen ist, daſs die Wassersäulen dahin zu gehen anfangen, oder daſs schon das überschiessende Wasser die horizontale Röhre P eingenommen hat, so ereignet sich wegen des Gleichgewichts, wenn die Bewegung noch weiter fortgesetzt wird, daſs der Punkt K′ im letzten Gange m sich mehr und mehr erhebt, nachdem die Wassersäulen A, B, C — — — in das Pumpenrohr treten, und in eben dem Maaſse erheben sich auch die linken Schenkel aller übrigen Wassersäulen, ausser der im Gange 1, welche sogleich vom Anfange, beim höchsten Punkt B gestanden hat. Die rechten Schenkel senken sich nach dem Maaſse mehr und mehr.

§. 55. Wenn aber endlich die Punkte K′, K′ — — — in den Gängen m, m′ — — — Fig. 6 (Taf. XXII) an die höchsten Punkte B′, B′ — — — gekommen sind, so ist die Maschine in ihrer völligen Wirkung, und da sind die Luftsätze im Pumpenrohre zusammengedrückt, nach dem Maaſse des aufliegenden Wassers; eben so die Luftsäulen in den Gängen nach dem Maaſse der aufliegenden Wasserhöhe vom ersten Gange bis zum letzten. Wie aber im Anfange mehr Luft eintrat, als nun geschehen kann, nachdem die Maschine ihr Bestes gethan hat, so folgt, daſs die ersten Luftsätze sowohl in dem Pumpenrohre als in den Gängen sich mehr ausbreiten, als die nachfolgenden. So viel Gänge die Maschine hat, so viel Umläufe, und noch einige dazu, kommen gröſsere Luftsätze in die Gänge als nachher. Aber alle diese Luftsätze kommen nicht aus allen Gängen heraus, bis es mit der Aufförderung aufs Höchste gekommen ist; folglich wie die drückenden Wasserhöhen in den Gängen im Anfange hiedurch gröſser sind, so wird sich auch ereignen, daſs die hydrostatische Höhe, und die ganze absolute Höhe, nach Verhältniſs gröſser sind, als nachher.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 56. Man erinnert sich indessen, dafs zuerst, oder vor der Säule A, eine Säule Ueberschufswasser ging, die in Ansehung der Weite des Horns nicht viel kleiner, als A sein konnte, und zwischen sich und A eine Luftsäule hatte, welche zu klein war. Um wie viel also die anfangs drückenden Wasserhöhen in den Gängen die hydrostatische Höhe vermehren könnten, und die Gröfse, um welche die Luftsätze im Pumpenrohr zwischen A und B, B und C sich über das Gewöhnliche ausbreiten können, dürfte deswegen nicht mehr sein, als das Quantum, um welches auf der andern Seite der Luftsatz zwischen dem Ueberschufswasser und der Säule A zu wenig in Betracht der über ihm stehenden Wasserlast ausgebreitet ist.

§ 57. Aber es ist noch ein anderer Grund da, warum man nichts desto weniger ohne allem Zweifel die absolute oder ganze Aufförderungshöhe im Anfange für etwas gröfser annehmen darf, als bei Fortsetzung des Spiels. Die Sache ist, dafs, während ein Wassersatz im Pumpenrohre aufs Höchste steigt, eine Menge Wasser von ihm herabrinnt, das sich zwischen den Wänden des Rohres und den unter dem Wasser befindlichen Luftsatze hinabdrängt. *Nicander* sah dieses bei dem gläsernen Modelle, und es mufs sich in allen gröfsern und kleinern Maschinen dieser Art ereignen, aus welchen Materien auch immer die Pumpenröhren gemacht sein mögen. Dadurch verliert zwar ein zwischenliegender Wassersatz nichts von seinem Raume, denn so viel, als von ihm abläuft, bekommt er von oben her Zuflufs; aber der erste Wassersatz, oder das vorhin sogenannte Ueberschufswasser, das nun zu oberst ist, und vor der Säule A geht, bekommt keinen Ersatz für seinen Verlust, sondern wird beständig während seines ganzen Aufsteigens vermindert; daraus folgt, dafs die zwischen ihm und der Säule A liegende kleinere Luftsäule nicht nach Verhältnifs ihrer Gröfse mit mehr Last beschwert würde, als die übrigen Wassersätze in ihrer Lage. Auf diese Weise folgt, dafs dieser Luftsatz mehr Raum einnehmen mufs, und folglich die ganze Aufförderungshöhe im Anfange den Vorzug an Gröfse bekömmt, den die zuerst eingekommenen gröfsern Luftsätze verlangen.

§. 58. Die innere Bewegung nun betreffend, wenn die Maschine ihr Bestes thut, so finden sich die Luftsätze in den Schlangengängen vom ersten bis zum letzten immer mehr zusammengedruckt, folglich, weil sie im natürlichen Zustande alle gleich grofs sind, nehmen sie immer kleinere und kleinere Räume ein, nachdem sie in dem Gange einkriechen. Daraus folgt, dafs der Punkt n, Fig. 6, welcher im Gange 1 im untersten Punkte O war, sich nach und nach mehr und mehr von dem zuletzt erwähnten Punkte in den übrigen

Wirz's Spiralpumpe.

Gängen erhebt, und im letztern oder m am höchsten über O bleibt. Daher kömmt es sowohl wegen der Bewegung der Maschine, als des Drucks im Pumpenrohre, dafs sich von einem Gange in den andern ein Uebergang von so viel Wasser ereignet, als nöthig ist, den Raum zu füllen, um welchen die Luft in jedem Gange zusammen geht; daher werden die Wassersätze in den letzten Gängen gröfser, als in den ersten, und ein kleiner unablässiger und gleicher Rückstrom hält an, so lange die Maschine gedreht wird. Aber bei alle dem geht kein Wassersatz gröfser in das Pumpenrohr aus, als er in die Schlange eingekommen war, sondern was er bei der Bewegung im Gange als Vermehrung gewonnen hatte, das läfst er am gehörigen Orte nach und nach wieder von sich, und dem nächsten Satze, dieser dem folgenden u. s. w. über. Beim Aufsteigen im Pumpenrohre verliert er zwar auch eine Menge Wasser, das beim darunter liegenden Luftsatz vorbei zum nächsten Wassersatze abrinnt, aber was er dadurch verliert, das wird auf die erwähnte Weise von dem darüber befindlichen ersetzt u. s. w., woraus folgt, dafs ein Wassersatz während des ganzen Aufsteigens im Pumpenrohre immer einerlei Gröfse hat, der gleich, mit der er in die Schlange trat, und der Vorrath zum Uebergangswasser in die Gänge, welches die Räume füllt, um welche die Luftsätze zusammengezogen sind, von den im Anfange aufgehenden gröfsern Wassersätzen herrührt.

Von der Bewegung in den Schlangen, welche gleichförmig von einem Gange zum andern im Raume abnehmen.

§. 59. In diesen Schlangen unterscheidet sich die Bewegung im Anfange von der in nur erwähnten folgendermafsen: 1) Aus dem, was von den letztern gesagt ist, findet sich, dafs nicht mehr als eine Ueberschufswassersäule von A geht; 2) dafs keine Luft, sondern nur Wasser von dem Gange, in welchem sich die Säule A befindet, in den nächst vorhergehenden übertreten kann; 3) dafs, weil es mehrere Wasserpafssäulen in den mittlern Schichten geben kann, auch nicht die Summe der drückenden Wasserhöhen, welche mit einander im Gleichgewichte, und in den Gängen vorhanden sind, ehe Ueberschufswasser in das Pumpenrohr gekommen ist, eine gewisse Gröfse übersteigen kann, so viel auch Gänge und Umläufe sind. 4) Bei völliger Wirkung wird auch ein rückströmendes Wasser den Raum füllen, den die in den Gängen immer mehr und mehr zusammengedrückte Luft frei läfst.

§. 60. Dagegen ereignet sich in den Schlangen, von denen jetzt die Rede ist, dafs sich mehrere Ueberschufswassersäule von der erst eingeschöpften A, Fig 7 (Taf. XXII) befinden. Die Wassersäulen A, B, C —. — kommen in

Wirz's Spiralpumpe.

in immer kleinere und kleinere Räume, in denen sie mit den Luftsäulen zugleich nicht Platz haben; sondern eine Menge Wasser tritt nach und von jeder über — — — von C nach B, von B nach A, und wie hiedurch das Ueberschufswasser beständig vermehrt wird, so hat es auch nicht in einem einzigen Gange Platz, sondern das Ueberflüssige davon tritt in den nächsten Gang, welcher leer ist u. s. w. in mehr leere Gänge, je nachdem dieses nöthig ist. So entstehen mehrere Ueberschufssäulen, die man a, b, c — — — in der Ordnung wie sie entstehen nennen mag. Auf der andern Seite der Gleichgewichtssäule G, tritt auch Wasser von einem Gange in den andern über — — von L nach M, von M nach N, und schliefslich zurück durch die Mündung des Horns ins Gefäfs.

§. 61. Aber nachdem solches Uebertreten des Wassers von einer Wassersäule einen und den andern Umlauf angehalten hat, so hat zuletzt auch nicht ein Mal die Luftsäule in diesem Gange an ihrer Seite Platz. Daraus mufs nun folgen, wenn diese Luftsäule zu grofsen Raum einnimmt, dafs ein Theil von ihr, z. B. in dem Gange v″ sich bei dem Punkte O′ durch die Wassersäule K′ v″ n′ in den Gang v′ vorbei schmieget; auf eben die Art ein Theil der Luftsäule im Gange v, u. s. w. bis a; eben so auf der andern Seite des Wasserpafsganges G, vom Gange 3 in 2, von 2 in 1.

§. 62. Hieraus folgt, dafs in dieser Art Schlangen nicht mehr als eine Wasserpafssäule G vorhanden ist, so viel es auch Gänge und Umläufe giebt. Ferner, dafs die Summe der drückenden und einander im Gleichgewicht haltenden Wasserhöhen in dem Maafse wächst, wie die Zahl der Umläufe.

§. 63. Wenn nun nach einer gewissen Anzahl Gänge die Schlange in die aufgerichtet stehende Pumpenröhre tritt, und es mit der Bewegung so weit gekommen ist, dafs die Wassersäulen da aufzusteigen anfangen, so ereignet sich, wie im §. 54 gesagt ist, dafs die Punkte k, k, — — K′, K — nach und nach sich mehr erheben, und die Punkte n″, n″ — — n′ n′ — — nach und nach sich mehr senken, und wenn die erstern die höchsten Punkte b, b, — — B′, B′ — — erreicht haben, und die letztern im Gegentheil am niedrigsten bei den untersten o, o, O′, O′ — — sind, so ist die Maschine im vollen Triebe, und thut ihr Bestes. Es kömmt gleichfalls auf das Abnehmen der Gänge an, wie weit die Punkte n″, n″ — — n′ n′ — — nach den niedrigsten Punkten o, o, — — O″ O′ — — niedersinken. Wir wollen nun die Fälle untersuchen, wo es geschieht und nicht geschieht.

§. 64. Man erinnert sich aus §. 34, dafs die Luftmenge L, welche in dem ersten Gange Platz findet, und zurück bleibt, ist $= w. \frac{A + y}{A}$, da w den

Wirz's Spiralpumpe.

Raum bedeutet, welchen die Luft in diesem Gange einnimmt, y die drückende Wasserhöhe daselbst, und A die Wassersäule, die mit der Atmosphäre im Gleichgewicht ist. Diese Luftmenge, wenn a die hydrostatische Höhe im Pumpenrohre bedeutet, nimmt im letzten Gange den Raum $\frac{w.(A+y)}{A+a}$ ein, weil $A + a : A = L\left(=\frac{w.A+y}{A}\right)$ zu dem Raume, welchen L einnimmt, wenn diese Luftmenge von der Wasserhöhe a gedrückt wird, wie im letzten Gange geschieht. Bedeutet nun α den Raum der Wassersäule im ersten Gange, und hat der letzte Gang den $\alpha + \frac{w.(A+y)}{A+a}$, und sind die übrigen Gänge von letzgenannter, in einer arithmetischen Progression bis zum ersten, der $= \alpha + w$ ist, so ist die ganze Schlange zunächst so vorgerichtet, daſs dieselbe Wasser- und Luftmenge, die sich im ersten Gange befindet, auch die übrigen füllt, ohne daſs zugleich einiges Rückströmen oder Uebergehen von Wasser Statt findet, oder letzteres den Raum ausfüllen kann, um den die Luft zusammen gegangen ist, denn die Gänge verengern sich nun selbst in eben dem Verhältniſs, in welchem die Luft zusammenging.

§. 65. In diesem Falle oder wenn die Schlange wie angeführt gebildet ist, ereignet sich, daſs, wenn etwas zurückströmendes Wasser in die Schlange aus dem Pumpenrohre will (welches sowohl jetzt, als, wie in §. 57 gesagt ist, wenigstens im Anfange geschieht, ehe die Bewegung in Ordnung gekommen ist), dieses Wasser von Gange zu Gange zurückgetrieben, und endlich durch die Mündung des Horns ins Gefäſs ausgegossen wird.

§ 66. Ob aber gleich kein solches zurückströmendes Wasser in den Gängen vorkömmt, so ereignet es sich doch, weil sie abnehmen, daſs die Wassersäule α, welche alle Mal überal einerlei ist, eine gröſsere Menge Grade im letzten Gange, als im ersten einnimmt, und daraus erfolgt weiter, daſs die Punkte n'', n'' — — n', n' — — (Fig. 7 Taf. XXII) in diesen Gängen nicht an die untersten Punkte o, o — — O, O' herabkommen.

§. 67. Wiederum, wenn die Schlange sich so verengert, daſs der letzte Gang weniger Raum hat, als $\alpha + \frac{w.(A+y)}{A+a}$, so findet im letzten Gange nicht so viel Wasser Platz, als im ersten, sondern eine Menge geht von einem in den andern ins Gefäſs zurück. Allgemein findet man aus Fig. 20, daſs, wenn die Gänge sich verengern, die Luftbogen K n in den letzten Gängen desto länger werden, folglich die drückenden Wasserhöhen desto gröſser, und die Aufförderungshöhe in eben dem Maaſse gröſser (wohl ver-

Wirz's Spiralpumpe.

standen, wenn des Pumpenrohrs Kaliber des letzten Ganges seinem gleich ist) aber die Wasserbogen werden dagegen so viel kleiner und kürzer. Ist die Verminderung der Räume der Gänge so beschaffen, dafs sich die Luftbogen in ihnen alle, von dem Punkte K bis zu dem untersten Punkte O erstrecken, so ist zwar die Aufförderungshöhe die möglichst gröfste; aber die aufgeföderte Wassermenge ist dagegen ansehnlich vermindert. Vermindert man die Räume der Gänge noch mehr, so schmiegt sich auch Luft, von Gange zu Gange zurück, doch bleibt die Aufförderungshöhe, obgleich mit noch stärkerm Verluste an Wassermenge noch immer die gröfste mögliche.

§. 68. Nähme die Schlange in so geringem Maafse ab, dafs der letzte Gang nicht dem Raume $a + \frac{w. (A + y)}{A + a}$ gleich würde, so würde die innere Bewegung in allen Theilen, obgleich in geringerm Maafse, der gleich, die in einer durchaus gleich dicken und gleich geräumigen Schlange Statt findet. Alles dieses ereignet sich, die abnehmende Schlange mag um einen Cylinder, oder um einen Kegel gewickelt sein.

§. 69. Wenn wieder ein Zwischengang m″, Fig. 6, oder die letzten m′, m im Raume so abnehmen, dafs sich die Luftbogen in ihm bis an die untersten Punkte O erstrecken, aber alle Gänge vorwärts 4, 3 — — gleichräumig sind, so findet nicht mehr Wasser im Gange m″ Platz und in allen folgenden, wenn die Maschine in völligem Triebe ist, als von O bis K. Das übrige geht von Gange zu Gange nach seinem Ursprunge zurück, und die Menge, die aufgefördert und aus dem Pumpenrohre bei jedem Umlaufe gegossen wird, ist nicht gröfser, als die Wassersäule, welche sich im letzten Gange m zwischen K und O befindet. In den Gängen zuförderst, 1, 2, 3, (wenn nicht die Gänge m — — m″, gar zu enge sind, dafs selbst Luft sich aus ihnen in die vordern drängt), bleibt die Stellung der Luft und Wassersäulen eben dieselbe, wie sonst in einer gleich dicken Schlange mit gleich weiten Gängen, aber in den letztern, wie in einer Schlange, wo sich die Gänge verengern. Wären die Gänge m — — m″ so eng, dafs sich Luft in die Gänge 4, 3 — — zurückdrängt, so vermindern sich die Wassersäulen in den letztern so, wie es die zurückgehende Luft erforderte; aber dagegen vermehren sich die drückenden Wasserhöhen, und die Aufförderungshöhe in eben dem Maafse. Sollte nur der letzte Gang zu eng sein, alle übrigen wären gleich grofs, so verhält es sich mit der Bewegung eben so.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 70. Umgehrt, hat eine Schlange die ersteu Gänge bis m'' abnehmend, die folgenden aber gleich, so verhalten sich die Stellungen von Wasser und Luft in den ersten wie in einer gleichen. Mit einem Worte, wo sich abnehmende, oder gleiche Gänge finden, da verhält sich die erwähnte Stellung in ihnen ihrer Gestalt gemäſs.

Einige vorläufige Anmerkungen über die Bewegung das Pumpenrohr hinauf, wenn sein Kaliber an einer Stelle kleiner ist, als beim letzten Gange.

§. 71. Wenn Wasser und Luftsäulen in die horizontale Röhre P Q, Fig. 6 (Taf. XXII) treten, und sich nachher das Pumpenrohr hinauf begeben so findet man, daſs sie sich da in die Länge ausstrecken können, in so fern die Weite fehlt, und auf solche Weise ihren Raum behalten. Aber in den Gängen haben sie eine bestimmte Länge vor sich, sie haben da Grenzen K und O, über welche sie nicht kommen können, ohne etwas von ihrer Menge zu verlieren. Weil dergleichen Grenzen im Pumpenrohre für die Länge nicht sind, so findet sich, daſs alles Wasser und alle Luft, die im letzten Gange vorhanden sind, bei jedem Umlaufe in das Pumpenrohr müssen getrieben werden, wenn auch da der Kanal nicht so weit ist, als der letzte Gang, wofern nur Kraft genug da vorhanden ist.

§. 72. Man weiſs, daſs, wenn Wasser in einer Pumpe soll aufgefördert werden, so ist dazu 1) eine Kraft nöthig, welche mit der Wassersäule im Gleichgewichte steht, die man auf eine gegebene Höhe zu erheben verlangt, 2) ein Uebergewicht, welches, wenn der Kanal durahaus gleich weit ist, das Wasser so schnell aufwärts treibt, daſs eine verlangte Menge Wasser in gewisser Zeit auf eine gegebene Höhe gehoben wird. Ist im Kanale irgendwo eine enge Stelle, eine Klappe, oder soll das Wasser aus einem weitern Kanale in einen engern getrieben werden, so ist noch 3) eine Kraft nöthig, welche so groſs ist, daſs eben so viel Wasser, als vorhin durch den gleichen Kanal gieng, auch jetzt, wenn es verlangt wird, durch den engen Paſs auf vorige Höhe in eben der Zeit getrieben wird. Die beiden letzten Kräfte bringen wir unter einen Titel und nennen sie K, die erste k.

§. 73. Ist nun k einer Wassersäule von der Höhe H, K einer von der Höhe h gemäſs, so hat man $a = H + h$, welche Gleichung für alle Pumpen gilt, und a ist der wirklichen Kraft zugehörig, die zur Aufförderung soll angewandt werden. In Saugwerken z. B. ist diese Kraft der Wassersäule gleich, die mit der Atmosphäre das Gleichgewicht hält, in unserer Pumpe ist sie so groſs,

Wirz's Spiralpumpe.

als die vorhin sogenannte hydrostatische Höhe, und H ist die wirkliche Aufförderungshöhe, die man mit dieser Kraft erringen kann. Die Höhe h geht auf Beförderung der Bewegung, und beruht auf Gestalt des Kanals und der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser auslaufen soll.

§. 74. Nun ist die Hauptsache H oder a — h zu wissen, also müssen a und h untersucht werden. Aber ehe a, welches zuerst scheint bekannt sein zu sollen, in Betracht unserer Pumpe für eine gegebene Zahl Gänge von gegebener Schlangenart kann bestimmt werden, werden noch mehre Umstände in Obacht zu nehmen erfordert; wir müssen dieses also noch versparen. Zuerst kömmt es darauf an, auszumachen:

Wie vielerlei Schlangen können vorhanden sein, und welche von ihnen verdienen Betrachtung?

§. 75. Vorhin haben wir die Schlangen in gleiche und abnehmende getheilt. Unter jenen verstehen wir cylindrische, die auch um einen Cylinder gewunden sind, unter diesen besonders solche, die kegelförmig und um einen Cylinder, oder cylindrisch und um einen Kegel gewunden sind.

§. 76. Ausser diesen kann es noch andere geben. Man kann sich konische um Kegel gewundene vorstellen, ja allgemein zu reden kann man sich eine Schlange vorstellen, S, deren Länge = x, gröfstes Kaliber = e, kleinstes = z, veränderlich, und dafs x wächst, wie $e^n - z^n$, oder auch, dafs x wächst, und z eine unveränderliche Gröfse ist. Windet man da S um einen Cylinder, Kegel, eine Zone einer Kugel oder irgend eines andern runden Körpers, mit einem Worte: windet man S um so vielerlei runde Körper, als Einheiten in m sind, so findet sich, dafs so vielerlei Schlangen entstehen können, so viel Gänge, Zahlen und Brüche das Produkt m n enthält, kurz: unzählig viele.

§. 77. Hiebei kann es auch mehr Arten unordentlicher Schlangen geben, bei denen kein gewisses Gesetz für die Bildung der Gänge Statt findet; wo ein Gang gröfser, der andere kleiner ist, der eine so, der andere anders gestaltet ist. Jede kann eine Wirkung nach ihrer Art thun, aber von allen reden zu wollen, hiefse niemals aufhören wollen.

§. 78. Wir wollen deshalb in der Folge nur die betrachten, die sich einigermafsen bewirken lassen, oder die, welche zuletzt im §. 75 erwähnt wurden, und diese auch noch mit Einschränkung.

Die cylindrische Schlange, welche um einen Cylinder gewunden wird, und an welche man sich bei der Ausübung meistens halten wird, wollen wir von beliebiger Gröfse annehmen, und sie A nennen.

Wirz's Spiralpumpe.

Von den cylindrischen um Kegel gewickelten wollen wir nur die betrachten, welche so viel Wasser und Luft im letzten Gange haben, als im ersten, und sie B nennen.

Von den konischen um Cylinder gewickelten wollen wir nur zwei erwähnen. Die eine, welche so viel Wasser und Luft im ersten Gange hat, als im letzten; C; die andere, welche in beiden gleich viel Luft hat, aber im letzten weniger Wasser, da die Luftsäule zugleich so lang ist, daſs sie von K bis O reicht; D.

§. 79. Zu erforschen, was jede dieser Schlange ausrichten kann, müssen wir untersuchen, 1) wie groſs der Halbmesser im letzten Gange der Schlange B ist; 2) wie groſs der Kaliber der letzten Gänge der Schlange C und D ist; 3) wie groſs der Luftbogen ist, den jede Schlange im letzten Gange hat; 4) wie groſs bei allen Schlangen die drückenden Wasserhöhen im letzten Gange und allen übrigen sind. Ehe man nun dieses alles erforschen kann, muſs man eine willkührliche hydrostatische Höhe a annehmen, von der man voraus setzt, daſs sie mit der Summe aller drückenden Wasserhöhen in den Gängen im Gleichgewicht ist. Mit Beihülfe dieser hydrostatischen Höhe muſs man alle erwähnte Fragen untersuchen, und dann erforscht man 5) wie viel drückende Wasserhöhen in einer Maschine mit der Höhe a im Gleichgewichte sind, oder, welches auf dasselbe hinausläuft, wie viel Gänge erfordert werden, das Wasser nur auf diese Höhe zu bringen. Dieses sind die Umwege, die wir einschlagen müssen, zum vorgesetzten Endzwecke zu kommen, die Höhe a für eine gegebene Maschine zu bestimmen. Dadurch bekommen wir eine Gleichung, die das Verhalten zwischen a und der drückenden Wasserhöhe im ersten Gange angiebt, und aus diesem Verhalten findet man nachher a. Zuvor aber müssen wir

Den Halbmesser des letzten Ganges der Schlange B bestimmen.

§. 80. Sowohl der Beschreibung dieser Schlange, als dem, was §. 64 gesagt ist, gemäſs, ist der Raum des letzten Ganges $= \mathfrak{a} + \frac{w.(A+y)}{A+a}$, wo $\mathfrak{a}$ die Wassermenge bedeutet, die im ersten Gange Platz findet, w = dem Raume, den die Luft da einnimmt, a die angenommene hydrostatische Höhe, A die Wassersäule, welche mit der der Atmosphäre im Gleichgewichte ist, y die drückende Wasserhöhe im ersten Gange, die wir auf einige Zeit c nennen

Wirz's Spiralpumpe.

wollen, weil wir sie bei diesen Betrachtungen als bekannt ansehn müssen. Zeigt nun Fig. 8 (Taf. XXII) den letzten Gang, B b den Kaliber $= k$, B D $= \frac{1}{2} k$, C B $= r'$, L D P L den centrischen Kreis, welcher durch D geht, so hat man nach §. 27, wenn p das Verhältnifs des Durchmessers zum Umkreise ist $\frac{1}{4} p.^2 (2 r' + k)$. k^2 auch $=$ dem Raume dieses Ganges, und folglich $= a + \frac{w. (A + c)}{A + a}$; auf diese Weise $r' = \frac{4. (a (A + a) + w. (A + c)) - p^2. k\, 3. (A + a)}{2 p^2. k^2. (A + a)}$ W. Z. F. W.

§. 81. Diesen Werth von r' zur Anwendung bequemer zu machen kann Fig. 9. (Taf. XXII) den ersten Gang vorstellen, K N und O P die dasige Grenzen zwischen Wasser und Luft, B b den Kaliber, der da auch $= k$ ist, L D P R den centrischen Kreis; so ist L R P die Länge des Wasserbogens in diesem Gange, und L D P $=$ der Länge des Luftbogens also der Raum der Wassersäule $= \frac{1}{4} p k^2$. Bogen L R P $= a$ und der Raum der Luftsäule $= \frac{1}{4} p. k^2$. Bogen L D P $= w$. Ist aber B Q eine Tangente an B, welche den centrischen Kreis in Q schneidet, so kömmt der Bogen Q R P $=$ Q D P $=$ dem halben Umfange des centrischen Kreises; ist also C B $= r$, so ist $r + \frac{1}{2} k =$ dem Halbmesser des centrischen Kreises, und Q R P $=$ Q D P $= (r + \frac{1}{2} k). p$. Ist auch $g =$ Bogen L Q, so kömmt Bogen L R P $= (r + \frac{1}{2} k) p - g$ und L D P $= (r + \frac{1}{2} k). p + g$, also $a = \frac{1}{4} p k^2. ((r + \frac{1}{2} k). p - g)$ und $w = \frac{1}{4} p k^2 ((r + \frac{1}{2} k). p + g.)$ Also $r' = \frac{1}{2} ((r + \frac{1}{2} k) - \frac{g}{p}) + \frac{((r + 1/2 k). p + g). (A + c)}{2 p. (A + a)} - \frac{1}{2} k.$

§. 82. In diesem neuen Werthe von r' findet sich noch g so gut als unbekannt. Diese Gröfse durch bekannte auszudrücken, sei B H $= x$, welches x indessen bekannt, und §. 19 bestimmt ist. Dadurch bekömmt man D H $= \frac{1}{2} k + x$; Bogen L D nach §. 14 $= \sqrt{} [(2 r + k) (\frac{1}{2} k + x)]. 1 + \frac{1/2 k + x}{3. 4. (r + 1/2 k)} + \frac{3. (1/2 k + x)^2}{2. 5\; 4^2. (r + 1/2 k)^2} +$ u. s. w. und Bogen D Q $= \sqrt{} (2r + k). \frac{1}{2} k). (1 + \frac{1/2 k}{3. 4 (r + 1/2 k)} + \frac{3. (1/2 k)^2}{2. 5\; 4^2 (r + 1/2 k)^2} +$ u. s. w.) Also Q L $= g = \sqrt{} (2r + k). (\sqrt{} \frac{1}{2} k + x) - \sqrt{} (\frac{1}{2} k) + \frac{(1/2 k + x)^{3/2} - (1/2 k)^{3/2}}{3. 4. (r + 1/2 k)} + \frac{3. (1/2 k + x)^{5/2} - 3 (1/2 k)^{5/2}}{2. 5. 4.^2 (r + 1/2 k^2}$ + u. s. w.) welcher Werth von g in nächst vorhergehenden Werth von r' zu setzen ist, wenn dieses soll bestimmt werden.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 83. Z. B. Wenn $r = 55$ Dec. Zoll, und die Maschine ihren Umlauf in sieben Minuten machen soll, so ist $x = 0,020405$ (§. 17); und wenn $k = 5$ Zoll, kömmt $\sqrt{(1/2\, k + x)} = \sqrt{(2,520405)} = 1,5876$; $\sqrt{(1/2\, k)} = 1,5812$; $\sqrt{(1/2\, k + x)} - \sqrt{(1/2\, k)} = 0,0064$; $\frac{(1/2\ k + x)^{3/2} - (1/2\ k)^{3/2}}{3.\ 4.\ (r + 1/2\ k)} = \frac{4,0013 - 3,9529}{3.\ 4.\ 57,5} = 0,000700$; das Glied $\frac{3.\ (1/2\ k + x)^{5/2} - 3\ (1/2\ k)^{5/2}}{2.\ 5.\ 4.^2\ (r + 1/2\ k)^2}$ lassen wir weg, als noch kleiner; so kömmt $g = \sqrt{(2\,r + k)}.\ 0,00710 = \sqrt{(115)}.\ 0,0071 = 0,076139$.

§. 84. Ist ferner der Barometerstand höchstens 26,4 Zoll und die Schwere des Quecksilbers zu der des Wassers $= 13,72 : 1$ so kömmt die mittlere Höhe der Wassersäule, die mit der Atmosphäre im Gleichgewichte ist, oder $A = 34,6$ Fufs $= 346$ Zoll. Nun ist auch $c = 2\,r - x$ (§. 19) $= 109,979$ Zoll, und $p = 3,14$, also $(r + 1/2\, k).\ p + g = 57,5.\ 3,14 + 0,076139 = 180,566 + 0,076139 = 180,642$ und $A + c = 455,979$. Setzt man $a = 2\,A$, so hat man $\frac{((r + 1/2\ k).\ p + g).\ A + c)}{2\ p.\ (A + a)} = \frac{180,642.\ 455,979}{2.\ 3,14.\ 3.\ 346} = 12,629$. und $r' = \frac{r + 1/2\ k}{2} - \frac{g}{2\,p} + \frac{(r + 1/2\ k)\ p + g.\ (A + c)}{2\,p.\ A + a} - 1/2\ k = 28,75 - 0,012 + 12,629 - 2,5 = 38,867$ Zoll.

§. 85. Läfst man den kleinen Bogen g weg, so kömmt $r' = \frac{r + 1/2\ k}{2} + \frac{(r + 1/2\ k).\ (A\ c)}{2.\ (A + c)} - 1/2\ k$. Im Beispiel $r' = 18,75 + \frac{57,5.\ 455,978}{2.\ 3.\ 346} - 2,5 = 38,879$ Zoll fast wie vorhin.

§. 86. Hier trifft also zu, was in §. 18 erwähnt wurde, dafs man in der Ausübung die Wirkung der Bewegung, oder den Bogen g weglassen darf.

§. 87. Sollte a oder die hydrostatische Höhe unendlich grofs sein, so käme $r' = \frac{r + 1/2\ k}{2} - g - 1/2\ k = 1/2\ r - 1/4\,k - g$ oder bei langsamer Bewegung $= 1/2\ r - 1/4\ k$. In diesem Falle kömmt der Halbmesser für den centrischen Kreis im letzen Gange $= 1/2\ r + 1/4\ k$, oder: halb so grofs als der Halbmesser des centrischen Kreises im ersten Gange, also des letzten Ganges Raum halb so grofs, als des ersten Ganges seiner, oder so grofs als der Raum der Wassermenge; folglich müfste auch die Luft im letzten Gange so zusammengeprefst sein, dafs ihr Raum $= 0$ wäre.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 88. Da dieses nie geschehen kann, so ist $1/2\,r + 1/4\,k$ eine Gränze, welche der Halbmesser des centrischen Kreises im letzten nie erreicht.

Bestimmung wie grofs der Caliber im letzten Gange der Schlange C wird.

§. 89. Diese Schlange, ob ihre Gestalt gleich konisch von Gange zu Gange ist, kann doch der leichtern Rechnung wegen angesehen werden, als bestände sie aus cylindrischen Ringen, deren Kaliber gleichförmig einer nach dem andern in arithmetischer Progession abnehmen. Dieses ist zwar nicht vollkommen wahr, aber doch nicht so sehr weit von der Wahrheit entfernt, denn die ersten und letzten Querschnitte in dem hornförmigen Gange können nicht so beträchtlich unterschieden sein, dafs durch diese Voraussetzung ein merklicher Fehler in Hinsicht auf die drückenden Wasserhöhen entstände.

§. 90. Weiter nehmen wir an, dafs Fig. 10 den letzten Gang vorstellt, und B b den Kaliber, C B $=$ r und B b $=$ z. So kömmt nach §. 27 der Raum des letzten Gangs $= 1/4\, p^2 .\ (2r + z).\ z^2$. Aber nach der Beschreibung von der Natur der Schlange §. 64 und 78 ist eben der Raum $= a + \left(\frac{A + c}{A + a}\right)$ oder (§. 81) $= \frac{p\,k^2}{4}\,((r + 1/2\,k).\ p - g) + \frac{p\,k^2.\ ((r + 1/2\,k).\ p + g).\ (A + c)}{4.\ (A + a)}$

also kömmt $z^2.\ z + 2r = \frac{k^2}{p}.\ (r + 1/2\,k.\ p - g + \frac{((r + 1/2\,k).\ p + g).\ (A + c)}{A + a})$ oder, wenn der letzte Theil dieser Gleichung b genannt wird, kömmt $z^3 + 2\,r\,z^2 = b$ (E), daraus man z wie gewöhnlich findet.

§. 91 Nun aber ist zu merken, dafs $2r + z$ nicht kleiner werden kann als $2\,r + k$, wenn r einigermafsen grofs ist. Setzt man also $2\,r + k$ in E an Statt $2r + z$ so bekömmt man als eine Näherung $z = \sqrt{\left(\frac{b}{k + 2r}\right)}$.

§. 92. Dafs dieser Werth von z beinahe richtig ist, soll durch ein Beispiel erläutert werden. Wenn a, r, k, g, eben das bedeuten, als in §. 83 und 84, so kömmt $(r + 1/2\,k).\ p - g = 180{,}566 - 0{,}076139 = 180{,}49$; $\frac{(r + 1/2\,k).\ p + g).\ (A + c)}{A + a} = \frac{180{,}64.\ \ 455{,}98}{3.\ \ 346} = 79{,}353$; $b = \frac{k^2}{p}.\ \ 259{,}84 = \frac{25.\ \ 259{,}84}{3{,}\ 14} = 2067{,}8$; und $z = \sqrt{\left(\frac{b}{2\,r + k}\right)} = \sqrt{\frac{2067{,}8}{115}} = 4{,}2403$.

§. 93. Aber weil $\frac{b}{2\,r + k}$ kleiner ist als $\frac{b}{2r + z}$ so ist der gefundene Werth von z etwas zu klein. Will man der Wahrheit näher kommen, so setze man ihn $=$ e und e $+$ u $=$ z. Wenn man dieses in E setzt, so

Wirz's Spiralpumpe.

kömmt $u^3 + (2r + 3e) \cdot u^2 + (4re + 3e^2) \cdot u + 2re + e^3 = b$; und $\frac{u^3}{2r + 3e} + u^2 + \frac{4re + 3e^2}{2r + 3e} \cdot u = \frac{b - 2re^2 - e^3}{2r + 3e}$.

Da kann man das erste Glied als eine geringe Gröſse weglassen, und bekömmt $u = -\frac{(4re + 3e^3)}{2.(2r + 3e)} + \sqrt{\left(\frac{b - 2re^2 - e^3}{2r + 3e} + \frac{(4re + 3e^2)^2}{4.(2r + 3e)^2}\right)}$, welcher Werth von u zu e gesetzt, den Werth von z der Wahrheit so nahe giebt, als man wünschen kann, und näher, als man durch einige Methoden kommen könnte. Z. B. $\frac{4re + 3e^2}{2.(2r + 3e)}$ ist $= \frac{4.55.4,2403 + 3.(4,2403)^2}{2.(2.55 + 3.4,2403)} = \frac{986,806}{245,441} = 4,0205$; $\frac{b - 2re^2 - e^3}{2r + 3e} = \frac{2067,8 - 2.55.(4,2403)^2 - 4,2403^3}{2.55 + 3.4,2403} = \frac{2067,8 - 1977,8 - 76,218}{122,721} = 0,1124$, also $u = -4,0205 + \sqrt{(0,1124 + 16,164)} = -4,0205 + 4,0344 = 0,0139$, und $u + e = 4,2542 = z$.

§. 94. Hieraus aber findet sich, daſs u eine so geringe Gröſse ist, daſs $u + e$ zunächst $= e$, also kann man u wegwerfen, und $\sqrt{\frac{b}{2r + k}}$ immer für z annehmen.

§. 95. Für die Ausübung kann auch der Bogen g weggelassen werden. Da kömmt $c = 2r$, $b = \frac{k^2}{p} \cdot \left((r + \frac{1}{2}k) \cdot p + \frac{r + \frac{1}{2}k \cdot p \cdot (A + 2r)}{A + a}\right)$, und $z = k \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{A + 2r}{2(A + a)}\right)}$.

Z. B. Wenn man die vorhin gebrauchten Werthe auch hier anwendet, so kömmt $z = 5\sqrt{\frac{1}{2} + \left(\frac{346 + 110}{2.(346 + 692)}\right)} = 5\sqrt{\left(\frac{1}{2} + \frac{456}{2076}\right)} = 5\sqrt{0,7196} = 4,2415$ Zoll, fast wie §. 92.

Zu finden, wie groſs der Caliber im letzten Gange der Schlange D wird.

§. 95. Wenn Fig. 11 diesen Gang vorstellt, und O H die drückende Wasserhöhe, so sieht man aus der Schlangen-Beschreibung (§. 78), daſs die Wassermenge im letzten Gange geringer ist, als im ersten, aber O H ist in beiden gleich, auch die Luftmenge; ist also nun der Kaliber $Bb = z$, $BC = \frac{1}{2}z$, B Q und O P sind Tangenten an B und O, welche den centrischen Kreis in Q und P schneiden, der Bogen $LQ = g$, so ist, weil $(r + \frac{1}{2}z) \cdot p$ des cen-

Wirz's Spiralpumpe.

trischen Kreises halben Umfang ausmacht, oder den Bogen P D Q, des Luftbogens Länge $= (r + \frac{1}{2} z). p + g)$, und des Luftbogens Raum $= ((r + \frac{1}{2} z). p + g). \frac{1}{4}. p z$, dieser Raum ist auch nach §. 64 und 80 $= w. \frac{A + c}{A + a} = \frac{p k^2}{4} (r + \frac{1}{2} k). p + g). \frac{A + c}{A + a}$; so hat man $(r + \frac{1}{2} z). p + g). z^2 = k^2. (r + \frac{1}{2} k). p + g). \frac{A + c}{A + a}$ eine Gleichung in der sich g durch z ausdrücken läfst, wie g durch k (§. 83), hier aber wird die Rechnung z wegzuschaffen zu weitläuftig. Diese zu vermeiden nehmen wir an, die Bewegung sei so beschaffen, wie die Ausübung erreichen kann; ganz langsam, und sehen daher g, g für kleine unbeträchtliche Gröfsen an. Da bekommen wir $c = 2 r$; und $(r + \frac{1}{2} z). z^2 = k^2. (r + \frac{1}{2} k). \frac{A + 2 r}{A + a}$, und da $r + \frac{1}{2} z$ wie in §. 91 $= r + \frac{1}{2} k$ gesetzt wird, so kömmt $z = k. \sqrt{\left(\frac{A + 2 r}{A + a}\right)}$. Z. B. Sind A, a, k wie vorhin, so kömmt $z = 5. \sqrt{\left(\frac{346 + 110}{346 + 692}\right)} = 5. \sqrt{0{,}4393} = 3{,}314$ Zoll.

Die drückende Wasserhöhe im letzten Gange zu finden.

§. 96. Für die Schlange A. Aus §. 64 ist der Luftraum im letzten Gange $= \frac{w. (A + c)}{A + a} =$ (§. 81) $\frac{p\ k^2. (A + c)}{4.\ (A + a)}. (r + \frac{1}{2} k). p + g)$; folglich mit der Schlange Querschnitte $\frac{p\ k^2}{4}$ dividirt, kömmt die Länge des Luftbogens, der l heifsen mag $= \frac{A + c}{A + a}. ((r + \frac{1}{2} k). p + g)$.

§. 97. Stellt ferner Fig. 12 den letzten Gang vor, L D Y, die Länge des Luftbogens, setzte man den Bogen L D = f, B H = x (§. 14.) C B = r und ist Y X senkrecht auf C D, auch d die drückende Wasserhöhe, so ist L D Y = l, und d = D X — D H.

§. 98. Nun aber D H $= \frac{1}{2} (k + x)$ und x = (§. 15) $\frac{h}{2 r - 1} + \frac{2}{3. (2 r - 1)^3} +$ u. s. w. $= \frac{h}{2 r - 1}$, weil die folgenden Glieder sehr klein werden, wie sich aus §. 17 findet, also D H $= \frac{1}{2} k + \frac{h}{2 r - 1}$. Aufserdem ist D X = Sin. Vers. D Y = Sin. Vers. $(l\ f = \frac{1 - f^2}{2. (r + \frac{1}{2}k)} - \frac{1 - f^4}{2. 3. 4. (r + \frac{1}{2}k)^3} + \frac{1 - f^6}{2. 3. 4. 5. 6. (r + \frac{1}{2} k)^5} -$ u. s. w. der Bogen l — f auf Halbmesser $r + \frac{1}{2} k$

Wirz's Spiralpumpe.

gebracht, folglich $d = \frac{(1-f^2)}{2.(r+1/2k)} - \frac{(1-f^4)}{2.3.4.(r+1/2k)^3} + \frac{(1-f)^6}{2.3.4.5.6.(r+1/2k)^5}$ — u. s. w. — $1/2 k - \frac{h}{2r-1}$.

§. 99. Zum Beispiel sei wie vorhin $r = 55$ Zoll, $k = 5$ Zoll, Umlaufzeit $= 9$ Sekunden, und $a = 2$ A. Da bekommen wir g (§. 83) $= 0,076139$ Zoll, $(r + 1/2 k) . p = 57,5.3,14 = 180,64$ Zoll, $x = \frac{h}{2r-1}$ (§. 17.) $= 0,020405$ Zoll, $c = 2r - x = 109,979$ Zoll, und $l = \frac{A+c}{A+a}. ((r + 1/2 k). p + g) = \frac{346 + 109,979}{1038}$. $(180,64 + 0,07) = 79,383$ Zoll.

Aber $DX = 1/2 k + x =$ Sin. Vers. f, und $r + 1/2 k =$ Halbmesser, also nach §. 14. $f = \sqrt{(2(r + 1/2 k). 1/2 k + x))}. \left(1 + \frac{1/2 k + x}{3.4.(r + 1/2 k)} + \frac{3.(1/2 k + x)^2}{2.5.4^2.(r + 1/2 k)^2}\right.$ + u. s. w.) und nach dem angenommenen Werthe $= \sqrt{(2. 57,5. 2,5204)}$, $(1 + \frac{2,5204}{3.4.57,5} + \frac{3.(2,5204)^2}{2.5.4^2.(57,59)^2}$ + u. s. w.) $= 17,025 + 0,062188$ + u. s. w. $= 17,087$ Zoll, also $1 - f = 62,296$ Zoll.

Daher $d = \frac{(1-f)^2}{2.(r+1/2k)} - \frac{(1-f)^4}{2.3.4.(r+1/2k)^3} + \frac{(1-f)^6}{2.3,4.5.6.(r+1/2k)^5}$ — u. s. w. — $1/2 k - x = \frac{(62,299)^2}{2.57,5} - \frac{(62,296)^4}{2.3.4.(57,5)^4} - \frac{(62,296)^6}{2.3.4.5.6.(57,5)^5}$ — u. s. w. — $2,5204 - 33,746 - 3,300 + 0,129$ — u. s. w. — $2,520 = 28,055$ Zoll.

§. 100. Für die Schlenge B hilft man sich auf eben die Art den Werth d zu finden, wie in §§. 96. 97. 98., und bekömmt zuletzt eben die Formel. Wie in §. 96 kömmt $l = \frac{A+c}{A+a}\ ((r + 1/2 k) p. + g)$. Uebrigens weil r' (§. 81) jetzo des Ganges Halbmesser ist, setzt man in (§. 98), $h' = \frac{r'r'p^2}{f t^2}$ (§. 16) statt h, x' (§. 15) $= \frac{h'}{2r'-1}$ statt x, f' (§. 14) $= \sqrt{(2.(r' + 1/2 k.)(1/2 k + x'))}$. $(1 + \frac{1/2 k + x'}{3.4.(r' + 1/2 k)} + \frac{3.(1/2 k + x')}{2.5.4^2.(r' + 1/2 k)^2}$ + u. s. w.) an Statt f, da hat man $d = \frac{(1-f)^2}{2.(r'+1/2k)} + \frac{(1-f')^4}{2.3.4.(r'+1/2k)^3} + \frac{(1-f')^6}{2.3.4.5.6.(r'+1/2k)^5}$ — u. s. w. — $1/2 k - x'$. Z. B. Wenn a, k, t, sind wie vorhin, so ist r' (§. 84.) $= 38,867$ Zoll; $h' = \frac{r'\,r'\,p^2}{f t^2} = \frac{(38,867)^2 . (3,14)^2}{165,72.9^2}$ (§. 17) $= 1,110$ Zoll;

Wirz's Spiralpumpe.

$x' = \frac{1,110}{77,734 - 1} = \frac{1,11}{76,734} = 0,014475$ Zoll; l (§. 99) $= 79,383$ Zoll; $r + \frac{1}{2} k = 41,367$; $\frac{1}{2} k + x' = 2,5144$ Zoll; $f' = \sqrt{(2.\ 41,367.\ 2.\ 5144)}.\ (1 + \frac{2,5144}{3.\ 4.\ 41,367} +$ u. s. w.) $= 14,423 + 073056 +$ u. s. w. $= 14,496$, $l = f' = 64,887$, und $d = \frac{(64,887^2)}{2.\ 31,367} - \frac{(64,887)^4}{2.\ 3.\ 4.\ (41,367)^3} + \frac{(64,787^6)}{2.\ 3.\ 4.\ 5.\ 6.\ (41,367)^5}$ — u. s. w. — $2,514 = 50,890 - 10,434 + 0,855$ — u. s. w. — $2,514 = 38,797$ Zoll.

§. 101. Für die Schlange C verfährt man wie für A, den Werth von d zu finden; doch mufs man sich hier erinnern, dafs z (§. 91) jetzo der Kaliber des letzten Ganges ist, also wenn man den Luftraum $= \frac{w \cdot (A + c)}{A + a} = \frac{p\,k^2 \cdot (A + c)}{4 \cdot (A + a)} \cdot \left((r + \frac{1}{2} k) \cdot p + g\right)$ mit des Ganges Queerschnitt $\frac{p\,z^2}{4}$ dividirt, so kömmt des Luftbogens Länge $l' = \frac{k^2 \cdot (A + c)}{z^2 \cdot (A + a)} \cdot \left((r + \frac{1}{2} k) \cdot p + g\right) = \frac{l\,k^2}{z^2}$. Uebrigens auch D H $= \frac{1}{2} z + x$, und $f'' = \sqrt{\left(2 \cdot (r + \frac{1}{2}) \cdot (\frac{1}{2} z + x)\right)}$. $(1 + \frac{\frac{1}{2} z + x}{3.\ 4 \cdot (r + \frac{1}{2} z)} + \frac{3 \cdot (\frac{1}{2} z + x)^2}{2.5.4^2 \cdot (r + \frac{1}{2} z)^2} +$ u. s. w.); dieses in §. 98 gesetzt, giebt die drückende Wasserhöhe in der Schlange C, oder $d = \frac{(l' - f'')^2}{2 \cdot (r + \frac{1}{2} z)} - \frac{(l' - f'')^4}{2.\ 3.\ 4.\ (r + \frac{1}{2} z)^3} + \frac{(l' - f'')^6}{2.3.4.5.6 \cdot (r + \frac{1}{2} z)^5}$ z. B. $z = 4,2542$ Zoll (§. 93) $k = 5$, $l = 79,383$, so ist $l' = \frac{l\,k^2}{z^2} = \frac{25.\ 79,383}{(4,2542)^2} = 109,66$ Zoll; $\frac{1}{2} z + x = 2,1271 + 0,0204$ (§. 17) $= 2,1475$; $r + \frac{1}{2} z = 55 + 2,1271 = 57,127$; $f'' = \sqrt{(2.\ 57,127.\ 2,1475)}.\ (1 + \frac{2,1475}{3.\ 4.\ 57,127} +$ u. s. w.) $= 15,664 + 0,1305 +$ u. s. w. $= 15,794$ Zoll; $l' - f'' = 93,875$; $d = \frac{(93,875)^2}{2.\ 57,126} - \frac{(93,875)^4}{2.\ 3.\ 4\ (57,127)^3} + \frac{(93,875)^6}{2.\ 3.\ 4.\ 5.\ 6.\ (57,127)^5}$ — u. s. w. — $2,147 = 77,131 - 17,357 + 1,562 - 0,075$ + u. s. w. — $2,147 = 59,113$ Zoll.

Wirz's Spiralpumpe.

Die Zahl der Gänge zu finden, wenn a, oder die hydrostatische Höhe im Pumgenrohre gegeben ist.

§. 102. Aus dem, was §§ 49 — 70 angeführt ist, die Bewegung in den Schlangen betreffend, nebst der gegenseitigen Stellung der Wassersäule in den Gängen und im Pumpenrohre läſst sich abnehmen, daſs die Summe aller drückenden Wasserhöhen in den Gängen zunächst so groſs ist, als die ganze hydrostatische Höhe im Pumpenrohre. Nach der gröſsten Genauigkeit ist es wohl der Unterschied zwischen den Gewichten der Wasser- und Luftsäulen in den Gängen, welcher das ganze Gewicht der Wasser und Luftsätze im Pumpenrohre aufwiegt; aber hiebei ist zu bemerken, daſs das Gewicht aller Luftsätze in den Gängen und im Pumpenrohre so wenig beträgt, wenn man es mit dem Gewichte der Wassersätze vergleicht, daſs man es hier ganz bei Seite setzen darf. Man kann also ohne Fehler annehmen, daſs die eben erwähnte Summe der drückenden Wasserhöhe genau so viel beträgt, als die hydrostatische Höhe. Hiezu läſst sich auch ohne merklichen Fehler annehmen, daſs die drückenden Wasserhöhen von der ersten und gröſsten, bis zur letzten und kleinsten, wenn die Schlange regulär ist, und entweder um einen Kegel oder einen Cylinder gewunden ist, wie die Schlangen A, B, C alle in arithmetischer Progression sind. Nennt man also die erste drückende Wasserhöhe = c, und die letzte d, aller Menge = n, so ist ihre Summe = $\frac{1}{2}$ n (c + d), welche, dem eben erwähnten gemäſs, auch der hydrostatischen Höhe in der Pumpenröhre gleich ist. Also a = $\frac{1}{2}$ n. (c + d) und $n = \frac{2\,a}{c + d}$. Nun weiſs man, c = 2 r — x aus §. 19; d aus § 98, 100, 101, a ist gegeben, also weiſs man auch n; und weil in einer Maschine so viel Schlangengänge sind, als drückende Wasserhöhen, so weiſs man auch die Anzahl der Schlangengänge.

Z. B. a = 2 A = 2,346 Zoll, und die Bewegung bei den Schlangen A, B, C, und ihre Maaſse sollen in allen Theilen gleich sein, wie man vorher angenommen hat, so, daſs c = 109,979 (§. 19), und d für A = 28,055 (§. 99); für B = 38,797 (§. 100) für C = 59,113 (§. 101), so kömmt

für die Schlange A, $n = \frac{2.\ 692}{109{,}979 + 28{,}055} = 10$ Gänge.

— — — B, $= \frac{2.\ 692}{109{,}979 + 38{,}797} = 9{,}3$ —

— — — C, $= \frac{2.\ 692}{109{,}979 + 59{,}113} = 8{,}3$ Gänge.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 103. In der Schlange D sind alle drückende Wasserhöhen gleich, folglich $c = d$, $n = \frac{2a}{c + d} = \frac{a}{c}$, und bei langsamer Bewegung $c = 2r$ also $n = \frac{a}{2r}$

Z. B. wenn $a = 692$ Zoll und $r = 55$ Zoll kömmt $n = \frac{692}{2.\ 55.} = \frac{692}{110} = 6{,}3$.

§. 104. Anm. Aus angeführtem und berechnetem Exempel findet sich folgendes: Wenn Bewegung, Kaliber im ersten Gange und Halbmesser der Gänge alle einerlei sind, so braucht A die gröſste Menge von Gängen, B weniger, C noch weniger, D am wenigsten, Wasser zu einerlei hydrostatischer Höhe zu heben Um indessen nicht aus einem einzelnen Falle einen allgemeinen Schluſs zu ziehen, kann man die Sache durch Vergleichung der Schlangen folgendermaſsen erläutern:

α) A und B verglichen; sei KBY Fig. 13 (Taf. XXII) der Luftbogen, und $HU = d$ die drückende Wasserhöhe im letzten Gange, n' die Zahl der Gänge in B, $r = CB$; $r' = cb$; $\surd b =$ der Geschwindigkeit im Umfange des letzten Ganges der Schlange B, $BH = x$, $bh = x'$, da bekömmt man $x = \frac{h}{2r-1}$ (§. 15) $= \frac{r^2\ p^2}{ft^2.\ (2r-1)}$ (§. 16); $x' = \frac{h'}{2r'-1} = \frac{r'\ r'\ p^2}{ft^2.\ (2r'-1)}$

$x : x' :: \frac{r\ r}{2r-1} = \frac{r}{2} + \frac{r}{2.\ (2r-1)} : \frac{r'\ r'}{2r'-1} = \frac{r'}{2} + \frac{r'}{2.\ (2r-1)}$; $x - x' = \frac{r - r'}{2} + \frac{r.\ (2r'-1) - r'.\ (2r-1)}{2.\ (2r-1)\ .\ (2r-1)}$, oder wenn $e = r - r'$, ist $x - x' = \frac{e}{2}.$ $\left(1 - \frac{1}{(2r-1).\ (2'r-1)}\right)$; also weil $1 > \frac{1}{(2r-1).\ (2r'-1)}$, folgt, daſs auch $x > x'$. Nun ist der Bogen BK (§. 14) $= \surd(2rx).\ \left(1 + \frac{x}{3.\ 4.\ r} + \text{u. s. w.}\right)$ $bk = \surd(r'\ x').\ \left(1 + \frac{x'}{3.\ 4.\ r'} \ldots\right)$ also weil $r > r'$ und $x > x'$ auch $2rx > 2r'x'$, folglich $BK > bk$.

Da aber Kaliber und Luftmenge im letzten Gange bei beiden Schlangen einerlei sind, so sind die Bogen $KBY = kbz$, also weil $KB > kb$, auch $BY < bz$.

Nimmt man also $by = BY$, macht BV ähnlich mit by, und zieht BX durch Y bis sie VP schneidet, die durch X senkrecht auf BC ist, so hat man $cb : CB =$ Bog. $by = BY : BV = bu : BP$; $BV : BP = BY :$

Wirz's Spiralpumpe.

BX; BY: BX $\prec$ Bog. BY: Bog. BV, also BU: BP $\prec$ bu : BP, und BU $\prec$ bu $\prec$ bt, aber BH = a war $\succ$ bh = x', also BU — BH $\prec$ bt — bh oder HU = d $\prec$ ht = d', folglich c + d $\prec$ c + d' und $n = \frac{2a}{c + d} \succ n' = \frac{aa}{c + d'}$.

β. B und C verglichen; sei wie vorher kbz Fig. 14 der Luftbobogen, ht = d' die drückende Wasserhöhe im letzten Gange, und n' die Menge der Gänge der Schlange B; KBZ der Luftbogen HT = d'' die drükende Wasserhöhe im letzten Gange, und n'' die Zahl der Gänge der Schlange C; bc = r', BC = r, man mache k'b: KB und bh': BH = r': r. Also hat man nur angeführtermafsen bh: Bh :: $\frac{r'r'}{2r' - 1} : \frac{rr}{2r - 1} :: \frac{r'}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8r'} + \frac{1}{16r'r'} +$ u. s. w. :: $\frac{r}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8r} + \frac{1}{16rr} +$ u. s. w. : $\succ$ r': r; auf diese Weise bh: BH' $\succ$ bh': BH und bh $\succ$ bh', und weil des letzten Ganges Raum an beiden Stellen $= a + \frac{w. (A + c)}{A + a}$ (§. 61) und $a + \frac{w. (A + c)}{A + a}$: $\frac{(w. A + c)}{A + a} = 360°$: Luftbogen, so sind die Luftbogen an beiden Stellen ähnlich. Ist also k'bz' = kbz dem KBZ ähnlich, so ist der Bogen bz' $\succ$ bz, weil bk $\succ$ bk', aber k'bz' ist KBz ähnlich, und h't': HT = r' : r, also weil r $\succ$ r' ist, auch HT = d'' $\succ$ h't' und viel gröfser, als ht = d', folglich c + d'' $\succ$ c + d' und $n'' = \frac{24}{c + d} \succ n'' = \frac{2a}{c + d''}$.

γ) C und D verglichen. Aus der Beschreibung weifs man, dafs OH = c die drückende Wasserhöhe im letzten Gange dieser Schlange ist, und da HO alle Mal viel gröfser ist, als HT, so ist auch c + c = 2c $\succ$ c + d'', und wenn n''' die Zahl der Schlangengänge in D ist, so kömmt auch $n'' = \frac{2a}{c + d''} \succ n''' = \frac{2a}{2c}$. Also fodert D die geringste Anzahl Gänge, C, B, A immer jede eine gröfsere zu derselben hydrostatischen Höhe.

§. 105. Anmerk. 2. Dagegen aber, wenn alles, wie vorhin, gleich ist, hebt D die geringste Wassermenge, wie aus §. 78 erhellt. ABC heben eine so viel als die andere zu gleicher hydrostatischen Höhe; aber unter ihnen ist C am vortheilhaftesten weil sie bei der geringsten Menge der Gänge und gröfsten Ersparung des Metalls ihre Dienste thut. Auch kann man hinzu setzen,

Wirz's Spiralpumpe.

setzen, daſs sie sich um die dünste Welle beugen, und so mit der geringsten Reibung in Bewegung setzen lassen; denn wie des letzten Ganges Kaliber in ihr kleiner ist, als in A und B, so kann auch der Welle Kaliber desto kleiner sein.

Die hydrostatische Höhe a für die Schlange A zu finden, wenn Zahl der Gänge und Bewegung gegeben ist.

§. 106. Dieses muſs nach Anleitung der Gleichung $a = \frac{n}{2}.(c + d)$, (§70) bewirkt werden, in welcher der Werth von $d = \frac{(1-f)^2}{2.(r + 1/2\,k)} - \frac{(1-f^4)}{2.3.4.(r + 1/2\,k)^3} + \text{u. s. w.} - 1/2\,k - \frac{h}{2r-1}$ (§. 95) zu dieser Absicht muſs gesetzt werden. Da bekömmt man $\frac{2a}{n} = c - 1/2\,k - \frac{h}{2r-1} + \frac{(1-f)^2}{2.(r + 1/2\,k)} - \frac{1-f^4}{2.3.4.(r + 1/2\,k)^3} + \text{u. s. w.}$; oder x an Statt $\frac{h}{2r-1}$ gesetzt, und $2r - x$ an Statt c (§§. 19, 80), ferner $r + 1/2\,k = \mathfrak{r}$ und $1 - f = y$, kömmt $\frac{2a}{n} = 2r - 2x - 1/2\,k + \frac{y^2}{2\mathfrak{r}} - \frac{y^4}{2.3.4.\mathfrak{r}^3} + \text{u. s. w.}$ (Z.)

§. 107. Weiter ist aus §. 96 $1 = \frac{A + c}{A + a}(\mathfrak{r} + 1/2\,k.\,p + g) = \frac{A + 2r - x}{A + a}.(\mathfrak{r}\,p + g) = f + y$. Wenn also $e = (A + 2r - x).\,\mathfrak{r}\,p + g$, kömmt $f + y = \frac{e}{A + a}$ und $a = \frac{e}{f + y} - A$. Diesen Werth von a in die Gleichung Z gesetzt; kömmt $\frac{2e}{n(f + y)} = \frac{2A}{n} + 2r - 2x - 1/2\,k\,x\,\frac{y^2}{2\mathfrak{r}} - \frac{y}{2.3.4\mathfrak{r}^3} + \text{u. s. w.}$; ferner mit $f + y$ multiplicirt, $\frac{2A}{n} + 2r - 2x - 1/2\,k = q$ gesetzt, und $a = \frac{2e}{n} - q\,f$; kömmt $a = q\,y + \frac{f\,y^2}{2\mathfrak{r}} - \frac{y^3}{2\mathfrak{r}} - \frac{f\,y^4}{2.3.4\mathfrak{r}^3} - \frac{y^3}{2.3.4\mathfrak{r}^3} +$ u. s. w. (Y)

§. 108. Aber aus dieser Gleichung läſst sich y aus Umkehrung der Reihe (Reversion) nicht unmittelbar bestimmen, im Resultat nehmen einige Glieder zu, andere ab. Um also den Werth von y zu bestimmen, setzt man $Z = \frac{f\,y^2}{\mathfrak{r}}.\left(1/2 - \frac{y^2}{2.3.4\,\mathfrak{r}^4} + \frac{y^4}{2.3.4.5.6\,\mathfrak{r}^4} - \text{u. s. w.}\right)$; $Z' = \frac{y^3}{\mathfrak{r}}$.

Wirz's Spiralpumpe.

$1/2 - \frac{y^2}{2.\,3.\,4\,r^2} + \frac{y^4}{2.\,3.\,4.\,5.\,6\,r^4}$ — u. s. w.) $T = 1/2 - \frac{y^2}{2.\,3,\,4\,r^2} + \frac{y^4}{2.\,3.\,4.\,5.\,6\,r^4}$ — u. s. w. $S = 1 - \frac{y^2}{r^2} + \frac{y^4}{r^4} - \frac{y^6}{r^6}$ + u. s. w $z = \frac{y^2}{r^2}$; $A' = 1/2$; $B = \frac{1}{2.\,3.\,4.}$; $C = \frac{1}{2.\,3.\,4.\,5.\,6}$; u. s. w. Da bekommt man $S = \frac{1}{1+z}$, und nach Euler $T = A'S + \frac{(B - A').\; z\,dS}{1.\,dz} + \frac{(C - 2B + A').\; z^2\;d^2S}{1.\,2\,dz^3} + \frac{(D - 3C + 3B - A).\; z^3\;d^3S}{1.\,2.\,3\,dz^3}$ + u. s. w. $=$

$$\frac{1}{2.\,(1+z)^3} + \frac{11z}{2.\,3.\,4\,(1+z)^2} + \frac{301\,z^2}{2.\,3.\,4.\,5.\,6\,(1+z)^3} + \frac{15287\,z^3}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,7.\,8.\,(1+z)^4}$$

+ u. s. w. $= \frac{r^2}{2.\,(r^2+y^2)} + \frac{11\,r^2\,y^2}{2.\,3.\,4.\,(r^2+y^2)^2} + \frac{301\,r^2\,y^4}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,(r^2+y^2)^3} + \frac{15287\,r^2\,y^6}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,7.\,8.\,(r^2+y^2)^4}$ + u. s. w. Daher $Z = \frac{f\,r\,y^2}{2.\,(r^2+y^2)} + \frac{11\,f\,r\,y^4}{2.\,3.\,4.\,(r^2+y^2)^2} + \frac{301\,f\,r\,y^6}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,(r^2+y^2)^3} + \frac{15287\,f\,y^8}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,7.\,8.\,(r^2+y^2)^4}$ + u. s. w.; $Z' = \frac{r\,y^3}{2.\,(r^2+y^2)^2} + \frac{11\,r\,y^5}{2.\,3.\,4.\,(r^2+y^2)^2} + \frac{301\,r\,y^7}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,(r^2+y^2)^3}$ + u. s. w.; aber $a = q\,y + Z + Z'$ (Y), auf diese Weise $a = q\,y + \frac{f\,r\,y^2}{2\,(r^2+y^2)} + \frac{r\,y^3}{2.\,(r^2+y^2)} + \frac{11\,f\,r\,y^4}{2.\,3.\,4.\,(r^2+y^2)^2} + \frac{11\,r\,y^5}{2.\,3.\,4.\,(r^2+y^2)^2} + \frac{301\,f\,r\,y^6}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,(r^2+y^2)^3} + \frac{301\,r\,y^7}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,(r^2+y^2)^3}$ + u. s. w.

§. 109. Da nun $\frac{y^2}{r^2+y^2} = u$, so kömmt $y = \frac{r\,u^{1/2}}{(1-u)^{1/2}}$, und $a = \frac{q\,r\,u^{1/2}}{(1-u)^{1/2}} + \frac{f\,r\,u}{2} + \frac{r^2\,u^{3/2}}{2\,(1-u)^{1/2}} + \frac{11\,f\,r\,u^2}{2.\,3.\,4} + \frac{11\,r^2\,u^{5/2}}{2.\,3.\,4\,(1-u)^{1/2}} + \frac{301\,f\,r\,u^3}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.} + \frac{301\,r^2\,u^{7/2}}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,(1-u)^{1/2}}$ + u. s. w. Daher $\frac{u^{1/2}}{1-u^{1/2}}$, $(q\,r + \frac{r^2\,u}{2} + \frac{11\,r^2\,u^2}{2.\,3.\,4} + \frac{301\,r^2\,u^3}{2.\,3.\,4.\,5.\,6} + \frac{15287\,r^2\,u^4}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,7.\,8}$ + u. s. w. $= a - \frac{f\,r\,u}{2} - \frac{11\,f\,r\,u^2}{2.\,3.\,4} - \frac{301\,f\,r\,u^3}{2.\,3.\,4.\,5.\,6} - \frac{15287\,f\,r\,u^4}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,7.\,8}$ — u. s. w.

Wirz's Spiralpumpe.

Quadrirt man die beiden Glieder, so kömmt $\frac{u}{1-u} \cdot (q^2 r^2 + \frac{2 q r^3 u}{2} + (\frac{2 \cdot 11 q r^3}{2 \cdot 3 \cdot 4} + \frac{r^4}{4}) u^2 + (\frac{2 \cdot 301 q r^3}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} + \frac{2 \cdot 11 r^4}{2^2 \cdot 3 \cdot 4}) u^3 + (\frac{2 \cdot 15287 q r^3}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} + \frac{2 \cdot 301 r^4}{2^2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} + \frac{121 r^4}{2^2 \cdot 3^2 \cdot 4^2} u^4 + \text{u. s. w.}) = a^2 - \frac{2 a f r u}{2} \cdot - \frac{2 \cdot 11 a f r}{2 \cdot 3 \cdot 4} - \frac{f^2 r^2}{4} u^2 - (\frac{2 \cdot 301 a f r}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} - \frac{2 \cdot 11 f^2 r^2}{2^2 \cdot 3 \cdot 4}) u^3 - (\frac{2 \cdot 15287 a f r}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} - \frac{2 \cdot 301 f^2 r^2}{2^2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} - \frac{121 f^2 r^2}{2^2 \cdot 3^2 \cdot 4^2}) u^4 - \text{u. s. w.}$ und mit $1 - u$ — multiplicirt, kömmt $q^2 r^2 u + q r^3 u^2 + (\frac{11 q r^3}{3 \cdot 4} + \frac{r^4}{4}) u^3 + (\frac{301 q r^3}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} + \frac{11 r^4}{2 \cdot 3 \cdot 4}) u^4 + \text{u. s. w.} = a^2 - (a^2 + a f r) u + (\frac{a f r}{3 \cdot 4} + \frac{f^2 r^2}{4}) u^2 + (\frac{29 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} + \frac{5 f^2 r^2}{2 \cdot 3 \cdot 4}) u^3 + (\frac{1569 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} + \frac{489 f^2 r^2}{2 \cdot 3 \cdot 4^2 \cdot 5 \cdot 6}) u^4$, daher $a^2 = (a^2 + a f r + q^2 r^2) u + (q r^3 - \frac{a f r}{3 \cdot 4} - \frac{f^2 r^2}{4}) u^2 + (\frac{11 q r^3}{3 \cdot 4} + \frac{r^4}{4} - \frac{29 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} - \frac{5 f^2 r^2}{2 \cdot 3 \cdot 4}) u^3 + (\frac{301 q r^3}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} + \frac{11 r^4}{2 \cdot 3 \cdot 4} - \frac{1569 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} - \frac{489 f^2 r^2}{2 \cdot 3 \cdot 3^4 \cdot 5 \cdot 6}) u^4 + (\frac{15287 q r^3}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} + \frac{1809 r^4}{2 \cdot 3 \cdot 4^2 \cdot 5 \cdot 6} - \frac{136349 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10} - \frac{64948 f^2 r^2}{2 \cdot 3^2 \cdot 4^4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8}) u^5 + \text{u. s. w.}$

§. 110. Setzt man der Kürze wegen $a^2 + a f r + q^2 r^2 = A$; $q r^3 - \frac{a f r}{3 \cdot 4} - \frac{f^2 r^2}{2 \cdot 3 \cdot 4} = B$; $\frac{11 q r^3}{3 \cdot 4} + \frac{r^4}{4} - \frac{29 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} - \frac{5 f^2 r^2}{2 \cdot 3 \cdot 4} = C$; $\frac{301 q r^3}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} + \frac{11 r^4}{2 \cdot 3 \cdot 4} - \frac{1569 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} - \frac{489 f^2 r^2}{2 \cdot 3 \cdot 4^2 \cdot 5 \cdot 6} = D$; $\frac{15287 q r^3}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} + \frac{1809 r^4}{2 \cdot 3 \cdot 4^2 \cdot 5 \cdot 6} - \frac{136349 a f r}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10} - \frac{64948 f^2 r^2}{2 \cdot 3^2 \cdot 4^2 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} = E$ u. s. w.; so kömmt $a^2 = A u + B u^2 + C u^3 + D u^4 + \text{u. s. w.}$, und durch Reversion bleibt $u = \frac{a^2}{A} - \frac{B a^4}{A^3} + (\frac{2 B^2}{A^5} - \frac{C}{A^4}) a^6 - (\frac{5 B^3}{A^7} - \frac{5 B C}{A^6} + \frac{D}{A^5}) a^8 + (\frac{14 B^4}{A^9} - \frac{21 B^2 C}{A^8} + \frac{6 B D}{A^7} + \frac{2 C^2}{A^7} - \frac{C}{A^6} a^{10} - \text{u. s. w.}$

Wirz's Spiralpumpe.

§. 111. Nachdem man auf diese Weise zu der Kenntniſs von u gelangt ist, weiſs man auch $y = \frac{r\, u\, \sqrt{2}}{(1 - u)\, \sqrt{2}}$ und folglich $a = \frac{c}{(f + y)} - A$ (§. 107), welches gesucht wurde.

§. 112. Anmerk. 1. Ist die Zahl der Gänge geringe, oder w klein, z. B. nicht gröſser, als 4, 5, 6, so nimmt die Reihe, welche den Werth von w angiebt, sehr langsam ab, besonders, wenn zugleich k und f klein sind, folglich muſs man für eine gegebene Maschine von dergleichen Zahl der Gänge mehr Glieder berechnen, welches oft mühsam sein würde, ehe man sich der Wahrheit hinreichend näherte. Dieses zu vermeiden dient folgendes: 1) Man nehme für gegebene Halbmesser und Bewegung eine gröſsere Zahl von Gängen, z. B. 12, 16, 20, und suche für diese die hydrostatische Wasserhöhe a, und den Bogen $y = 1 - f$. 2) Man berechne die drückende Wasserhöhe d für diesen Bogen nach §. 99. 3) Man suche den Unterschied zwischen c und d. 4) Dividire e — d mit der angenommenen Zahl der Gänge zunächst, oder mit n — 1, um den Unterschied $\mathfrak{d} = \frac{c - d}{n - 1}$ zwischen jeder drückenden Wasserhöhe von d bis c zu bekommen. 5) Die Summe so vieler drückenden Wasserhöhen, d, d + 𝔡, d + 2 𝔡, d + 3 𝔡 u. s. w. als der Unterschied zwischen der angenommenen und der gegebenen Zahl von Gängen beträgt, ziehe man von a ab. Das Uebrigbleibende ist die hydrostatische Wasserhöhe für die gegebene Maschine.

§. 113. Anm. 2. Nachdem man so die hydrostatische Höhe durch kürzere oder längere Umwege gefunden hat, muſs man noch eine kleine Verbesserung anbringen. Wenn viele Gänge sind, kömmt die drückende Wasserhöhe H T (Fig. 15) in dem letzten kleiner, als der Abstand zwischen dem Punkte H und des Ganges Mittelpunkte C. Aber die hydrostatische Wasserhöhe im Pumpenrohre läſst sich von keinem Punkte rechnen, als von T oder auch von U, der in einem Horizonte mit T liegt. Also giebt es einen Wasserbogen Z Y, welche ohne Rechnung sein eigenes Gleichgewicht = U S im Pumpenrohre hat. Sind wenig Schichten, so wird H T gröſser, als H C, und in dem Falle muſs man die hydrostatische Höhe von einem Punkte T oder U rechnen, der unter der Schicht Mittelpunkte liegt. Diese Höhe also von der Maschine Achse zu rechnen muſs im ersten Falle T C = U S = r — d — x dazu gesetzt und im zweiten abgezogen werden, daſs die wirkliche hydrostatische Höhe = a + r — d — x ist.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 114. 1. Exempel. Man nehme eine hydrostatische Höhe $= 4\,A = 4.\ 34,6 = 138,4$ Fuſs $= 1384$ Zoll, folglich nach §. 96 — 99 und 102, mit einem Halbmesser des Ganges $r = 55$ Zoll, Kaliber der Schlange $k = 5$ Zoll, Bewegung so langsam, daſs $x = 0$ darf gesetzt werden, und suche, wie viel Gänge eine Maschine mit diesen Eigenschaften für eine solche Höhe erfordert. Man bekömmt 23.979 Gänge. Geht man rückwärts, und sucht mit dieser Zahl von Gängen und den angegebenen Maaſsen die hydrostatische Höhe a nach vorher angeführter Rechnung, so bekömmt man erst $\mathfrak{r} = r + \frac{1}{2} k = 57,5$; $\mathfrak{r}\,p = 57,5.\ 3,14 = 180,566$; $e = (A + 2\,r)\,\mathfrak{r}\,p = 82372$; $n = 23,976$; $\frac{2\,e}{n} = 6871,3$; $q = \frac{2\,A}{n} + 2\,r - \frac{1}{2}\,k = 136,36$; $f = 17,017$; $q\,f = 2320,4$; $\mathfrak{a} = \frac{2\,e}{n} - q\,f = 4550,9$. Sucht man nachdem im Werthe von u (§. 110) durch Logarithmen die Gröſsen, $\mathfrak{a}^2$, $\mathfrak{a}\,f\,\mathfrak{r}$, $q^2\,\mathfrak{r}^2$, $\mathfrak{a}^4$, $q\,\mathfrak{r}^3\,\frac{f^2\ \mathfrak{r}^2}{4}$, u. s. w. In den groſsen Zahlen, welche auf diese Weise herauskommen, braucht man nur die ersten Ziffern zu wissen, welche die Logarithmen angeben, so bekömmt man $\mathfrak{a}^2 = 20711000$; $\mathfrak{a}\,f\,\mathfrak{r} = 4453000$; $q^2\,\mathfrak{r}^2 = 61477000$; $A = \mathfrak{a}^2 + \mathfrak{a}\,f\,\mathfrak{r} + q^2\,\mathfrak{r}^2 = 86641000$; $q\,\mathfrak{r}^3 = 25924000$; $\frac{\mathfrak{a}\,f\,\mathfrak{r}}{12} = 37108$; $\frac{f^2\ \mathfrak{r}^2}{4} = 239370$; $B = q\,\mathfrak{r}^3 - \frac{\mathfrak{a}\,f\,\mathfrak{r}}{12} - \frac{f^2\ \mathfrak{r}^2}{4} = 25324000$ u. s. w. $u = \frac{\mathfrak{a}^2}{A} - \frac{B\,\mathfrak{a}^4}{A^3} +$ u. s. w. $= \frac{(4550,9)^2}{86641000} - \frac{25324000.\ (4550,9)^4}{(86641000)^3} +$ u. s. w. $= 0,23904 - 0,01670 +$ u. s. w. $= 0,22234$; $1 - u = 0,77765$; $y = \frac{\mathfrak{r}\,u^{1/2}}{(1-u)^{1/2}} = 30,710$; $l = y + f = 47,727$; $A + a = \frac{e}{l} = 1725,8$; auf diese Weise $a = \frac{e}{l} - A = 137,98$ Fuſs.

Aber das a, welches man bekommen sollte, war 138,4 Fuſs; man ist also, und zwar nur durch zwei Glieder im Werthe von u, der Wahrheit sehr nahe gekommen. Wenn man aus dem gefundenen y nach §. 99 d sucht, so findet man es 5,475 und $\mathfrak{r} - d = 51,042$; also die gefundene hydrostatische Höhe nach §. 113 verbessert $= a + \mathfrak{r} - d = 143,08$ Fuſs.

§. 115. 2 Exempel. Ist die Zahl der Gänge nach §. 102 $= 10$, oder richtiger $= 10,026$; und die übrigen Maaſse sind wie vorhin, auch die Bewegung so, daſs ein Schlag in 9 Sekunden geschieht, so kömmt $x =$

Wirz's Spiralpumpe.

0,020405 Zoll (§. 47); $g = 0{,}076139$ (§. 83); $A + 2r - x = 455.979$; $e = (A + 2r - x).(rp + g) = 455{,}98.\ 180{,}64 = 82369$; $n = 10{,}026$; $\frac{2e}{n} = 16431$; $q = \frac{2A}{u} + 2r - 2x - \frac{1}{2}k = 69{,}020 + 110 - 0{,}0408 - 2{,}5 = 176{,}48$; $f = 17{,}087$ (§. 99); $qf = 176{,}48.\ 17{,}087 = 3015{,}5$; $\mathfrak{a} = \frac{2e}{n} - pf = 13416$; $\mathfrak{a}^2 = 179990000$; $\mathfrak{a}f\mathfrak{r} = 13181000$; $q^2 r^2 = 102970000$; $q r^3$ 33551000; $\frac{\mathfrak{a}f\mathfrak{r}}{12} = 1098400$; $\frac{f^2 r^2}{4} = 241330$; $\frac{11 q \mathfrak{r}^3}{12} = 3075500$; $\frac{\mathfrak{r}^4}{4} = 2732800$; $\frac{5 f^2 \mathfrak{r}^2}{2.\,3.\,4} = 201100$; $\frac{29\,\mathfrak{a} f \mathfrak{r}}{3.\,4.\,5.\,6} = 1061800$; $\frac{301\, q \mathfrak{r}^3}{3.\,4.\,5.\,6.} = 28052000$; $\frac{11\,\mathfrak{r}^4}{2.\,3.\,4.} = 5010200$; $\frac{1369\,\mathfrak{a} f \mathfrak{r}}{2.\,3.\,4.\,5.\,6.\,7.\,8} = 1025800$; $\frac{489 f^2 \mathfrak{r}^2}{2.\,3.\,4^2.\,5.\,6} = 163900$; u. s. w.; $A = \mathfrak{a}^2 + \mathfrak{a} f \mathfrak{r} + q^2 \mathfrak{r}^2 = 296140000$; $B = q\mathfrak{r}^3 - \frac{\mathfrak{a}f\mathfrak{r}}{3.\,4} - \frac{f^2 \mathfrak{r}^2}{4} = 3221200$; $C = \frac{11 q \mathfrak{r}^3}{3.\,4} + \frac{\mathfrak{r}^4}{4} - \frac{5 f^2 \mathfrak{r}^2}{2.\,3.\,4} - \frac{29\,\mathfrak{a} f \mathfrak{r}}{3.\,4.\,5.\,6} = 32225000$; $D = \frac{301\, q \mathfrak{r}^3}{3.\,4.\,5.\,6} + \frac{11\,\mathfrak{r}^4}{2.\,3.\,4} - \frac{159\,\mathfrak{a} f \mathfrak{r}}{3.\,4.\,5.\,6.\,7.\,8} - \frac{489 f^2 \mathfrak{r}^2}{2.\,3.\,4^2.\,5.\,6} = 31872000$; u. s. w.; $\frac{\mathfrak{a}^2}{A} = \frac{179990000}{296140000} = 0{,}60778$; $\frac{B\,\mathfrak{a}^4}{A^3} = \frac{32212000.\,(13416)^4}{(296140000)^3} = 0{,}04018$; $\frac{2B^2\,\mathfrak{a}^6}{A^5} - \frac{C\,\mathfrak{a}^6}{A^4} = 0{,}005313 - 0{,}024431 = -0{,}019118$; $\frac{5B^3\,\mathfrak{a}^8}{A^7} - \frac{5BC\,\mathfrak{a}^8}{A^5} + \frac{D\,\mathfrak{a}^3}{A^5} = 0{,}000878 - 0{,}008075.\ 0{,}014687 = 0{,}00749$; u. s. w.; $u = \frac{\mathfrak{a}^2}{A} - \frac{B\,\mathfrak{a}^4}{A^3} + \left(\frac{2B^2}{A^5} - \frac{C}{A^4}\right)\mathfrak{a}^6 - \left(\frac{5B^3}{A^7} - \frac{5BC}{A^6} + \frac{D}{A^5}\right)\mathfrak{a}^8 +$ u. s. w. $= 0{,}60778 - 0{,}04028 - 0{,}01912 - 0{,}00749 -$ u. s. w. $= 0{,}54099$; $1 - u = 0{,}45900$; $y = \frac{\mathfrak{r}\, u^{1/2}}{(1-u)^{1/2}} = 62{,}424$; $f + y = 79{,}511$; daher $a = \frac{e}{f+y} - A = 1036 - 345 = 690{,}0$ Zoll $= 69{,}00$ Fuſs.

Aber das a, welches man bekommen sollte und aus dem man im 102 §. die 10,026 Gänge gefunden hat, war $= 2A = 2.\ 346 = 692$ Zoll $= 96{,}2$ Fuſs. Man ist demnach der Wahrheit sehr nahe gekommen, und würde

Wirz's Spiralpumpe.

ihr noch näher gekommen sein, wenn man vom Werthe von u mehr Glieder berechnet hätte. Aus y findet man nach §. 99 d = 28,167 Zoll, also die verbesserte hydrostatische Höhe (§. 113) = a + r — d — x = 71,68 Fufs.

§. 116. 3. Exempel. Wenn man für eine Maschine von 10 Gängen die hydrostatische Höhe gefunden hat, und nun nach §. 112 dieselbe für eine Maschine von eben den Maafsen und 8 Gängen suchen soll, so bekömmt man 1) nach §. 98 und 99, d = 28,186 Zoll; 2) c — d = 109,979 — 28,186 = 31,793; 3) $\frac{c-d}{n-1}$ = ƀ = $\frac{81,793}{9}$ = 9,088; also die drückende Wasserhöhe im neunten Gange = d + ƀ = 37,274 Zoll, und die drückenden Wasserhöhen im neunten und im zehnten Gange = 65,46 Zoll; zieht man sie von der hydrostatischen Höhe für 10 Gänge, = 692 Zoll ab, so bleibt die hydrostatische Höhe für 8 Gänge = 626,5 Zoll = 62,65 Fufs. Diese Höhe nach §. 113 verbessert, giebt a + r — d — 2 ƀ — x = 62,65 + 5,5 — 2,818 — 1,8177 — 0,020 = 63,39 Fufs.

§. 117. 4. Exempel. Wenn man nach der Formel im 110 und 111 §. die hydrostatische Höhe für eben die Maschine von 8 Gängen berechnet, so kömmt q = 193,96 Zoll, q f = 3314,2; $\frac{2c}{n}$ = 205993; α = $\frac{2c}{n}$ = q f = 17279; daher u = 0,60271; 1 — u = 0,39728; y = $\frac{r\ u\ l/2}{(1-u)\ l/2}$ = 70,823; l = y + f = 70,823 + 17,087 = 87,91; also a = $\frac{c}{l}$ — A = 936,97 — 346 = 590,97 Zoll; und weil d = 35,822 (§. 99) kömmt a + r — d — x = 609,93 Zoll = 61 Fufs.

§. 118. Anmerk. Vergleicht man diese Höhe mit der, welche §. 116 gefunden wurde, so ist sie 2 Fufs kleiner, obgleich beide gleich sein sollten. Es ist demnach nöthig, Rechenschaft von diesem Unterschiede zu geben. Die Linien B O, B 2 O 2 B n O n Fig. 16 stellen lothrechte Durchmesser in den Gängen vor; B T, B 2 T 2 . . ., B n T n Quersinus der Bogen B Z Fig. 15, welche einen Theil der Luftbogen K Z ausmachen; zieht man dazu die Linien H H u durch die Punkte H, H 2, H 3 u. s. w., welche in der Höhe liegen, da sich das Wasser wieder wendet über zu laufen, so sind die Linien H T, H 2 T 2, H 3 T 3, u. s. w. drückende Wasserhöhen, deren Summe die hydrostatische Höhe ausmacht. Aber nun verhält sich A + B T verkehrt wie der Luftbogen in dem zweiten; A + B T + B 2 T 2 + B 3 T 3 verkehrt wie der in dem dritten u. s. w. Weil nun in einem Gange so viel Luft eingeschlossen ist, als im andern, so folgt daraus die Linie T T 2 T 3 . . T n, durch die Punkte T, T 2, T 3 . . . T n, welche die Quersinus für die Luftbogen B Z endigt, sei von hyberbolischer

Wirz's Spiralpumpe.

Art, also nicht so völlig eine gerade Linie, wie man sonst angenommen hat. Die rechte hydrostatische Höhe der Wahrheit gemäfs ist die Summe der Ordinaten H T, H 2 t 2, H 3 t 3 H n T n; aber nach der Rechnung kömmt sie so grofs, als die Summe der Linien H T, H 2 t 2, H 3 t 3 oder so grofs als die Summe der Linien H T, H 2 ϑ 2, H 3, ϑ 3 nachdem der Gänge viel sind. Weil also die erste Höhe kleiner ist, als die zweite, so folgt, 1) dafs des letzten Ganges Luftbogen im ersten Falle gröfser ist, als im letzten, auch, dafs die drückende Wasserhöhe im letzten Gange im ersten Falle gröfser ist, als im letzten, z. B. für eine Maschine von 10 Gängen ist H 10 T 10 gröfser, als H 10 ϑ 10; 2) dafs die Linie T ϑ 10 die krumme Linie T T 2 . . . T 10 doch nicht weit vom Punkte T 10 schneidet, weil der Unterschied ϑ 10 T 10 zwischen H 10 ϑ 10 und H 10 T 10 nicht sehr grofs ist; 3) dafs der Unterschied zwischen den hydrostatischen Höhen in beiden Fällen T 2 ϑ 2 + T 3 ϑ 3 + u. s. w. ϑ 10 T 10 oder T 2 t 2 + T 3 t 3 + u. s. w. t 8 T 8 ist, nach der Zahl der Gänge. Aus allem diesem folgt nun, dafs sich auch einiger Unterschied zwischen dem Ausschlage der Rechnungsarten zeigt, die im §. 116 und 117 angeführt sind. Nach der ersten kömmt die hydrostatische Höhe für eine Maschine von 8 Gängen so grofs, als die Summe der Linien H T, H 2 ϑ 2, H 3 ϑ 3 H 8 ϑ 8; aber nach der letzten so grofs, als die Summe der Linien H T, H 2 t 2, H 3 t 3 H 8 t 8, und der Unterschied ist t 2 ϑ 2 + t 3 ϑ 3 + t 8 ϑ 8, der genau, welcher vorerwähnte 2 Fufs giebt.

§. 119. Aber dieser Unterschied sowohl, als der andere erwähnte, zwischen den wahren und berechneten hydrostatischen Höhen, ist nicht so beträchtlich, dafs er in der Ausübung besondere Aufmerksamkeit verdiente. Wenn der Gänge wenig sind, hat sowohl der eine als der andere nicht viel zu bedeuten; sind ihrer viel, so kann jeder wohl einige Fufs betragen, aber da ist auch die Afförderungshöhe so grofs, dafs einige Fufs nicht in Betrachtung kommen. Die Ausübung kann nicht so auf ein Haar rechnen, und es nicht so genau nehmen, dafs gar nichts daran fehlte. Nach angeführtem verkehrten Verhältnifs zwischen den Luftbogen in den Gängen und den drückenden Wasserhöhen liefse sich wohl eine Rechnung anstellen, welche die hydrostatische Höhe der Wahrheit genau gemäfs gäbe; aber der zunehmende Umweg wäre gar zu grofs. Man müfste nach einer gewissen langen Formel jede drückende Wasserhöhe von der ersten bis zur letzten berechnen, und wenn der Gänge viel wären, würde die Rechnung, bis man zum Schlusse käme, ausserordentlich mühsam sein. Die krumme Linie T T 2 T 3 . . . T n für eine Hyperbel anzusehen, weicht noch mehr von der Wahrheit ab, und giebt die hydrostatische

Höhe

Wirz's Spiralpumpe.

Höhe beträchtlich zu klein. Man mufs sich demnach mit der aufgestellten Hypothese begnügen, welche mit der Wahrheit ziemlich genau übereintrifft, dafs nemlich T. T 2 T 3 ... T n eine gerade Linie ist.

§. 120. 5. Exempel. In der Florentischen Maschine war k (nach §. 90 und 93), der aufgeförderten Wassermenge 413,76 Cubikzoll auf einen Schlag gemäfs, berechnet $=$ 1,2275 Zoll, und die übrigen Theile wie im vorhergehenden Exempel. Also $\mathfrak{r} = r + \frac{1}{2} k = 55{,}614$; $x = 0{,}0204$ (§. 17); $g = 0{,}13658$ (§. 82); $f = 8{,}487$; $n = 8$; $q = 195{,}84$; $e = 79728$; $\frac{2e}{n} - qf = \mathfrak{a} = 18272$, daher $u = 0{,}64529$; $1 - u = 0{,}3547$; $y = \frac{\mathfrak{r}\, u^{1/2}}{(1-u)^{1/2}} = 75{,}008$; $l = y + f = 83{,}586$; folglich $a = \frac{e}{l} - A = 608{,}95$; und dieses y giebt $d = 44{,}3$, daher $a + r - d - x = 619{,}65$ Zoll $=$ 62 Fufs.

§. 121. Anmerk. Vergleicht man diese Höhe mit der im §. 117, so findet sich, dafs der Unterschied des Kalibers der Schlangen, wenn alles übrige gleich ist, einen kleinen Unterschied in der hydrostatischen Höhe verursacht. Die engere Schlange giebt eine etwas gröfsere Höhe, als die dickere, und dieses aus folgender Ursache: Wenn X D Z O der centrische Kreis des letzten Ganges der einen Schlange ist, x d z o eben des Ganges in der andern X D Z, x d z die Luftbogen in den Gängen sind, einerlei mit l und l′ in der Ordnung, k der einen Schlange Kaliber ist, k′ der andern ihrer, so findet sich aus §. 96. $l : l' = \frac{A + c}{A + a} . \left((r + \frac{1}{2} k) . p + g.\right) = \frac{A + c}{A + a'} (r + \frac{1}{2} k') . p + g')$; und wenn $a = a'$ kömmt $l : l' = (r + \frac{1}{2} k) . p + g : (r + \frac{1}{2} k') . p + g'$, oder, wenn die Bewegung langsam ist, dafs H auf B fällt, so kömmt X D Z : x d z $= r + \frac{1}{2} k : r + \frac{1}{2} k'$, also wären da diese bogenähnlich. Zieht man aber die Halbmesser C X Y, C Z P durch x und z, so sind auch Y D P; y d z ähnlich, also gleich Y D Z. Nun ist D X gröfser, als D Y, also D P gröfser, als D Z, also H T kleiner, als H t, folglich die hydrostatische Höhe, welche der dickern Schlange gehört, geringer, als die, welche der dünnern gehört, ob man gleich beide gleich genommen hatte. Weil also diese Höhen ungleich sind, so kann die Luft im Bogen X D Z nicht so zusammengedrückt sein, als sie im Bogen x d z ist, also wird X D Z gröfser, als Y D P, und T Z kömmt näher an t z, fällt indessen nicht auf t z. Zwischen dieser Linien Lage bleibt immer einiger Unterschied, obwohl ein kleiner, aber der Unterschied, welcher dadurch in den hydrostatischen Höhen verursacht wird, hat, wie

Wirz's Spiralpumpe.

gegenwärtiges Exempel zeigt, so wenig zu bedeuten, dafs man ihn bei Vergleichung der Maschine gänzlich bei Seite setzen darf.

§. 122. 6. Exempel. Im Alströmerschen Modelle, welches am Ende des §. 51 erwähnt ist, war k = 0,4 Zoll; r = 10 Zoll. Ist nun die Bewegung langsam, dafs x = 0, und nimmt man an, das Modell habe 10 Gänge oder n = 10, um im Werthe von u nicht gar zu viel Glieder zu berechnen, so kömmt f = 2,0227; q = 89; e = 11728; $\frac{2e}{n} - q f \mathfrak{a} = 2165,6$; daher $u = 0,81053$, $1 - u = 0,18946$; $y = \frac{\mathfrak{r} u \, 1/2}{(1-u) 1/2} = 21,097$; $l = y + f = 23,120$, folglich $a = \frac{e}{l} - A = 161,28$ Zoll $= 16,128$ Fufs; aus y kömmt nach §. 99 d = 15,12 Zoll; also a + r — d = 15,616 Fufs.

§. 123. Sucht man nun nach §. 112 die wirkliche hydrostatische Höhe für das Modell, das 6 Gänge hatte, so kömmt c — d = 2 r — d = 4,88; $\frac{c - d}{n - 1} = \mathfrak{d} = \frac{4,88}{9} = 0,54$; $d + \mathfrak{d} = 15,66$; $d + 2\mathfrak{d} = 16,20$; $d + 3\mathfrak{d} = 16,74$; $4 d + 6 \mathfrak{d} = 63,72$; daher die hydrostatische Höhe für das Modell die a heifsen mag, = a 4 d — 6 $\mathfrak{d}$, = 97,56; und weil die drückende Wasserhöhe in dem letzten Gange = d + 4 $\mathfrak{d}$ = 17,28, so kömmt d + r — d — 4 $\mathfrak{d}$ = a + r — 5 d — 10 $\mathfrak{d}$ = 90,28 Zoll = 9,028 Fufs.

§. 124. Erste Anmerk. Beim Versuche mit diesem Modelle, da man alle Luft in der Pumpröhre fortgehen liefs, ward die hydrostatische Höhe = 11 Fufs, also viel gröfser als die Rechnung angab. Aber hiebei ist zu merken, dafs man während dieses Versuches, welcher öfters wiederholt wurde, immer die Maschine so langsam bewegen mufste, dafs nicht alle Luft der letzten Sätze in die Pumpenröhre ging, sondern im letzten Gange stehen blieb, da überflüfsig ward, und sich in den fünften Gang drängte, ja in den vierten, dritten u. s. w., so dafs am Ende alle Gänge so mit Luft angefüllt werden, dafs die drückende Wasserhöhe so grofs wird, als die Durchmesser der Schichten. Da hat man a = b. 2 r 12 Fufs. Diese Höhe nach §. 113 verbessert, giebt a + r — d = a + r — 2 r = a — r = 11, völlig die Höhe, die man unter solchen Umständen bekommen soll. Aber auf diese Höhe darf man nicht rechnen, wenn die Maschine in völliger Bewegung ist.

§. 125. Zweite Anmerk. Vergleicht man die Höhe, welche in §. 122 gefunden worden, mit der im andern Exempel, so findet man, dafs die hydrostatische Höhe in Maschinen von gleich viel Gängen sich nicht verhalte, wie die Halbmesser der Gänge, welches zu glauben man beim ersten Anblicke

Wirz's Spiralpumpe.

geneigt wäre. Schliefst man vom Kleinen aufs Gröfsere, so werden die hydrostatischen Höhen zu grofs, und in andern Fällen zu klein; dieses rührt von dem ungleichen Verhältnifs her, welches sich zwischen den hydrostatischen und den Luftbogen in beiden Maschinen findet.

Von dem Raume den die Luft im Pumpenrohre einnimmt, und der Gröfse der ganzen Aufförderungshöhe.

§. 126. Wenn man aus einer gegebenen hydrostatischen Höhe a wissen will, wie viel die Luftsätze im Pumpenrohre Raum einnehmen, und wie grofs diesem gemäfs die Aufförderungshöhe wird, so ist nöthig sich zu erinnern, was im §. 58 gesagt ist, nemlich: dafs jeder Wassersatz ins Pumpenrohr so lange eingeht, als er in die Schlange kann, so bald beider Kaliber gleich ist, welches man überall in Absicht auf die Schlangenarten, von denen hier die Frage ist, angenommen hat. Die Länge eines Wassersatzes, der sich im ersten Gange der Schlange befindet, bekam man im §. 81 $= (r + 1/2\, k).\, p - g$. Da man nun hiebei befunden hat, dafs jeder Wassersatz im Pumpenrohre mit einem Luftsatze unterbettet ist, so findet man leicht die Anzahl der Luftsätze an letztgenannter Stelle $= \frac{a + r - d - x}{(r + 1/2\, k).\, p - g}$. Doch ist dabei zu bemerken, dafs man darin nicht mehr als die ganzen rechnen darf, weil einem Wassersatz nicht ein Luftsatz getheilt oder um einen Bruch vermehrt, zugehört, sondern ganz und gar, wie er aus der Schlange kam. Fände sich bei der Division, dafs $(r + 1/2\, k).\, p - g$ nicht in a aufgeht, sondern etwas überbleibt, so ist dieses ein Zeichen, dafs so viel von einem Wassersatze, als der Rest anzeigt, am Boden des Pumpenrohrs ohne Unterlage von Luft steht, und folglich bei Berechnung des Zusammendrückens der Luft nicht in Betrachtung kommen kann. Nennt man diesen Rest $= R$, so ist die eigentliche Anzahl der Luftsätze $= \frac{a + r - d - x}{(r + 1/2\, k).\, p - g} - R$.

§. 127. Die Menge natürlicher Luft in einem Satze bleibt den ganzen Weg durch einerlei wie sich auch ihr Raum ändert. Wenn eine Blase einzeln in einen Wassersatz kommt, ist sie deswegen nicht fort, sondern drängt sich nach ihrem Maafse in ihre Stelle; sie ist also anzusehen, als wäre sie mit dem Luftsatze vereinigt, von dem sie kömmt; ja der Luftsatz ausgebreitet oder unausgebreitet, thut alle Mal dieselbe Wirkung und bei der Untersuchung des Raumes, den er einnimmt, ist nur die Frage: was für eine Quantität in den ersten Gang gekommen ist? Diese Frage ist schon

Wirz's Spiralpumpe.

durch die Gleichung $w = \frac{A\ L}{A + y}$ §. 23 u. f.) aufgelöſst worden, wo A die Wasserhöhe bedeutet, die mit der Atmosphäre im Gleichgewicht steht, y die drückende Wasserhöhe in dem ersten Gange, die man nachher im §. 80 und f. c genannt hat, w den Raum den die Luft im ersten Gange einnimmt, L den Raum, den eben die Luftmenge im natürlichen Zustande einnimmt. Nun aber ist $w = \frac{p\ k^2}{4}.\ ((r + 1/_2\ k).+g)$ §. 81, also $L = \frac{A + c}{A}\ \frac{p\ k^2}{4}.$ $((r + 1/_2\ k).\ p + g)$. Ist X die Höhe von L über der Grundfläche $\frac{p\ k^2}{4}$, so kömmt $X = \frac{A + c}{A}.\ ((r + 1/_2\ k).\ p + g)$ eine bekannte Gröſse.

§. 128. Was nun weiter den Raum, welchen die Luft im Pumpenrohr einnimmt, betrifft, so verhält sich die Summe der Höhe A und des obersten Wassersatzes zur Höhe A, wie des nächst unterliegenpen Luftsatzes Höhe X im natürlichen Zustande zu desselben Höhe unter eben dem Wassersatze im Pumpenrohre. Die Grundfläche $\frac{p\ k^2}{4}$ wird nicht in Rechnung gebracht, weil sie für alle vier Höhen einerlei ist. Nennt man also die letzte Höhe H, so kömmt $A + (r + 1/_2\ k).\ p - g : A\ \frac{A + c}{A}.\ ((r + 1/_2\ k).\ p + g)$: H und $H = \frac{(A + c)\ ((r + 1/2\ k).\ p + g)}{A + (r + 1/2\ k)\ p - g}$.

Der zweite Wassersatz ist so lang, als der erste, der zweite Luftsatz auch so hoch als der erste im natürlichen Zustande; wenn man also das Gewicht des ersten Luftsatzes nicht rechnet, da es gegen die übrigen Gewichte so wenig beträgt, so kömmt auf diese Art die Höhe des zweiten Luftsatzes im Pumpenrohre $= \frac{(A + c).}{A + 2.}\ \frac{((r + 1/2\ k).\ p + g)}{((r + 1/2\ k).\ p - g)}$; des dritten $= \frac{(A + c).\ ((r + 1/2\ k).\ p + g)}{A + 3.\ ((r + 1/2\ k).\ p - g)}$; und wenn die Menge aller Luftsätze oder $\frac{A + (r - d - x}{((r + 1/2\ k).\ p - g)} - R = m$, so kömmt des untersten Höhe $= \frac{(A + c).\ ((r + 1/2\ k.\ p + g)}{A + m\ ((r + 1/2\ k).\ p - g)}$ und die Summe der Höhen aller Luftsätze, oder der Lufträume $S = \frac{A + c.\ ((r + 1/2\ k).\ p + g)}{A + (r + 1/2\ k).\ p - g} + \frac{(A - c).\ ((r + 1/2\ k).\ p + g)}{A + 2\ ((r + 1/2\ k)\ p - g)}$ $- - - - - + \frac{(A + c).\ ((r + 1/2\ k).\ p + g)}{A + m.\ ((r + 1/2\ k).\ p - g)}$.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 129. Anmerk. Im 5 §. findet sich eine andere Reihe zur Berechnung des Luftraums nach Hrn. *Bernoulli*, aber da sind Wasserbogen und Luftbogen im ersten Gange gleich lang angenommen; der dasige Luftbogen als im natürlichen Zustande, und von der Bewegung ist nichts erwähnt. Alles dieses demnach der Wahrheit näher zu bringen, hat Herr *Nicander* die Sache auf die angeführte Weise von Neuem vorgenommen. In den angeführten Formeln zeigt die Gröſse g, was die Bewegung bewirkt, wenn sie heftig ist; die Gröſse $(r + \frac{1}{2} k).\ p + g$ stimmt mit Herrn *Bernoullis* $\mathfrak{a}$ im Zähler überein, und $(r + \frac{1}{2} k).\ p - g$ mit seinem $\mathfrak{a}$ im Nenner.

§. 130. Beispiel. Im ersten Exempel, welches nach der Formel für die hydrostatische Höhe berechnet ist, war $(r + \frac{1}{2} k).\ p - g = \mathfrak{r}\ p - g = \mathfrak{r}\ p - 0 = 180{,}64$ Zoll; $a + r - d - x = a + r - d = 1431$ Zoll, also m 7, und $R = 169{,}11$; auf diese Weise 7 Glieder der Reihe S, so viel als die Summe des Luftraums. Ferner war $(A + c)\ (r + \frac{1}{2} k).\ p = 82371$; $A + (r + \frac{1}{2} k).\ p = 526{,}64$; also $\frac{A + c\ ((r + 1/2\ k).\ p + g)}{A + ((r + 1/2\ k).\ p - g)} + \frac{(A + c).\ ((r + 1/2\ k)\ p + g)}{A + 2\ ((r + 1/2\ k)\ p - g)} - - - + \frac{A + c.\ ((r + 1/2\ k)\ p + g)}{A + 7.\ ((r + 1/2\ k) - g)}$ in der Ordnung $= 15649 + 116{,}53 + 92{,}82 + 77{,}132 + 65{,}983 + 57{,}647 + 51{,}18 = 617{,}78$ Zoll $= 61{,}7$ Fuſs. Setzt man dazu die verbesserte hydrostatische Höhe, 143,1 Fuſs, so kömmt die ganze Aufforderungshöhe für eine Maschine von 24 Gängen und 5½ Fuſs Halbmesser = 204 Fuſs.

§. 131. Im zweiten Kapitel war $(r + \frac{1}{2} k).\ p - g = 180{,}57$; $a + r - d - x = 71{,}68$ Fuſs, oder 716,8 Zoll, also $m = 3$; und drei Glieder der Reihe S dem Luftraume gleich. Halbmesser und Kaliber der Schlange waren wie im vorigen §. die Bewegung auch zunächst dieselbe; daher werden die drei ersten Glieder daselbst, nemlich $156{,}49 + 116{,}53 + 92{,}82 = 365{,}84$ Zoll, $= 36{,}58$ Fuſs = der Summe des Luftraums; setzt man dazu $a + r - d - x = 71{,}68$ Fuſs, so kömmt die ganze Aufföderungshöhe für eine Maschine von 10 Gängen und 5 ½ Fuſs Halbmesser = 108,26 Fuſs.

§. 132. Im vierten Exempel war auch $(r + \frac{1}{2} k).\ p - g = 180{,}57$, aber $a + r - d - x = 609{,}9$ Zoll; doch bleibt noch $m = 3$ und hieraus folgt, weil sonst alles wie im nächstvorhergehenden §. ist, daſs der Luftraum wie vorhin bleibt, also hat man die Aufföderungshöhe für eine Maschine von acht Gängen und 5 ½ Fuſs Halbmesser = 97,5 Fuſs, nur 11 Fuſs kleiner, als für eine von zehn Gängen und demselben Halbmesser.

Wirz's Spiralpumpe.

§. 133 In der Florentinische Maschine war (r † 1/2 k) . p — g = 174,5 Zoll; a † r — d — x = 619,65; also m = 3; Ferner (A + c). ((r † 1/2 k). p + g) = 79728; A + p. (r + 1/2 k) — g = 520,5; daher drei Glieder der Reihe S in der Ordnung = 153,12, † 114,65 + 91,63 = 589,4; diese Summe zu 619,65 gesetzt, giebt die Aufförderungshöhe für die Florentinische Maschine = 979 Zoll = 98 Fuſs. Die Aufförderungshöhe welche die Erfahrung angab, war 99,7 Fuſs. Also etwas gröſser als die berechnete. Der Unterschied kann daher rühren, daſs man bei der Rechnung einige kleine Glieder der Reihen weggelassen hat.

§. 134. Im Alströmerschen Modelle war (r † 1/2 k). p = 32,04; a † r — d = 90, 28; also m = 2. Rechnet man also zwei Glieder der Reihe S, so kommen sie in der Ordnung = 31,02 † 28,35 = 59,37; ihre Summe zu 90,28 gesetzt, giebt Aufförderungshöhe = 149,65 = 15 Fuſs. Die Versuche trieben das Wasser bis 18 Fuſs, also noch drei Fuſs höher. Dieser Unterschied läſst sich hier nicht der Rechnung zuschreiben, weil diese ziemlich genau geführt ist. Er rührt daher, daſs bei der langsamen Bewegung, welche der Versucher forderte, drei bis vier Luftsätze auf ein Mal ins Pumpenrohr kamen, und einige Luft selbst in den Gängen blieb, und da gröſser drückende Wasserhöhen verursachte. So bekam man zuweilen so groſse Höhen, als angeführt ist, aber doch ganz selten. Bei gewöhnlicher Bewegung, da sich keine Störung ereignet, wird sicher die berechnete Statt finden. Wenn aber durch so langsame Bewegung die Aufförderung höher getrieben wird, so ereignet sich zuweilen daſs man einen Schlag vergebens ohne Wirkung thut.

§. 135. Der Praxis behülflich zu sein, hat Nicander nach voriger Lehre folgende Tafel berechnet, welche zeigt, was Spiralpumpen von verschiedener Gröſse ausrichten können. Zur Erleichterung dieser Arbeit hat er dabei auf die Bewegung keine Rücksicht genommen, weil die Wirkung die Aufförderungshöhe zu vermindern, bei der Ausübung so unbeträchtlich ist, daſs man sie bei Seite setzen darf, wie die Exempel §. 18 und 99 beweisen. Er hat daher die drückende Wasserhöhe im ersten Gange c = 2 r gesetzt, und x = o. Der Schlange Kaliber k hat er durchgehends ein Quartier, oder 5 geometrische Zoll genommen; nimmt man in der Ausübung einen andern, so ändert dieses die Aufförderungshöhe wenig, wenn sonst alles bleibt, wie §. 121 zeigt. Die Columnen der Tafel bekommen ihre Benennungen von den Buchstaben, der in der Rechnung für die zugehörige Gröſse ist gebraucht worden. So enthält die Columne n die Zahl der Gänge, d

Wirz's Spiralpumpe.

die drückende Wasserhöhe im letzten Gange, a die hydrostatische Höhe, à eben die Höhe nach §. 113 verbessert; S die Lufträume nach §. 128; U die ganze Aufförderungshöhe, die Räume von à und S. Die hydrostatische Höhe a, für die gröſste Zahl Gänge bei jedem r, ist nach §. 111 berechnet, aber für die Columne nach §. 112. Um d zu berechnen, nachdem die hydrostatisehe Höhe gefunden war, brauchte er an Statt der Formel im §. 99. die Gleichung $a = \frac{n}{2}.(c + d)$ im §. 102; daher $d = \frac{2a}{n} - c = \frac{2a}{n} - 2r$.

r = 1 Fuſs

n	d Fuſs	a Fuſs	à Fuſs	S Fuſs	U Fuſs
4	1,787	7,574	6,787	3,7	10,5
5	1,716	9,290	8,574	7,1	15,6
6	1,645	10,935	10,200	7,1	17,4
7	1,574	12,509	11,935	10,2	22,1
8	1,503	14,012	12,509	10,2	23,7
9	1,432	15,444	15,012	10,2	25,2
10	1,361	16,805	16,444	13,0	29,5
11	1,290	18,095	17,805	13,0	30,8
12	1,219	19,314	19,095	13,0	32,1
13	1,148	20,462	20,314	15,7	36,0
14	1,077	21,539	21,462	15,7	37,1
15	1,006	22,545	22,539	15,7	38,2
16	0,935	23,480	23,542	18,1	41,7
17	0,864	24,344	24,480	18,1	42,6
18	0,793	25,137	25,344	18,1	43,5
19	0,722	25,859	26,137	18,1	44,3
20	0,651	26,510	26,859	18,1	45,0

Wirz's Spiralpumpe.

r = 2 Fuſs

n	d Fuſs	a Fuſs	à Fuſs	S Fuſs	U Fuſs
4	3,474	14,949	13,475	6,5	20,0
5	3,299	18,248	16,949	13,1	30,0
6	3,124	21,373	20,249	13,1	33,4
7	2,949	24,323	23,374	18,0	41,4
8	2,774	27,097	26,323	18,0	44,3
9	2,599	29,697	29,098	22,3	51,4
10	2,424	32,122	31,698	22,3	54,0
11	2,249	34,372	34,123	22,3	56,4
12	2,074	36,446	36,372	26,2	62,6
13	1,899	38,345	38,445	26,2	64,7
14	1,724	40,070	40,346	26,2	66,6
15	1,549	41,620	42,071	26,2	68,3
16	1,374	42,994	43,619	29,8	73,4
17	1,199	44,193	44,993	29,8	74,8
18	1,024	45,217	46,192	29,8	76,0
19	0,849	46,066	47,216	29,8	77,0
20	0,674	46,740	48,065	29,8	77,8

r = 3 Fuſs

n	d Fuſs	a Fuſs	à Fuſs	S Fuſs	U Fuſs
4	5,161	22,338	20,177	9,2	29,4
5	4,882	27,220	25,338	16,7	44,1
6	4,603	31,823	30,220	16,7	47,0
7	4,324	36,147	34,823	23,1	57,9
8	4,045	40,192	39,147	23,1	62,2
9	3,766	43,958	43,192	28,6	71,8
10	3,487	47,445	46,958	28,6	75,5
11	3,208	50,653	50,445	28,6	79,0
12	2,929	53,582	53,653	33,4	87,1
13	2,650	56,232	56,581	33,4	90,0
14	2,371	38,603	59,231	33,4	92,6
15	2,092	60,695	61,602	37,7	99,3
16	1,813	62,508	63,694	37,7	101,4
17	1,534	64,042	65,507	37,7	103,2
18	1,255	65,297	67,041	37,7	104,8
19	0,976	66,273	68,296	37,7	106,0
20	0,697	76,970	69,272	37,7	107,0

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schmidt-Phiseldeck, Ludwig <<von>>,

Systematische Darstellung aller Erfahrungen über allgemeiner verbreitete Potenzen

Bd.: 3

Arau (1808)

4 Phys.g. 105-1,3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10057817-2